Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 15

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher
Verantwortung der jeweiligen Autoren

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.

Präsident: Prof. Dr. W. Diepenbrock
Geschäftsführer: Prof. Dr. W. Claupein

Geschäftsstelle:
Institut für Pflanzenbau und Grünland 340
Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau
Universität Hohenheim
70593 Stuttgart
Straßenanschrift: Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart
Tel.:++49(0)711/459-4114, Fax.:++49(0)711/459-4344
e-mail: kaempf@uni-hohenheim.de

46. Jahrestagung
vom 25. bis 27. September 2003
in Gießen

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

Herausgeber
D. Kauter, A. Kämpf, W. Claupein, W. Diepenbrock
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

Verlag Günter Heimbach
Stuttgart 2003

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Bibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 3-935380-12-7
ISSN 0934-5116

Alle Rechte vorbehalten

Druck und Bindung: vervielfältigungen, f.u.t. müllerbader gmbh, Filderstadt
© Verlag Günter Heimbach, Bruno-Frank-Straße 36, 70619 Stuttgart

Inhalt

Plenarvorträge

Plenum: „Multifunktionale Landnutzung“

W. OPITZ VON BOBERFELD: Nachhaltige Landbewirtschaftung in Grenzertragslagen - Pflanzenbauliche Forschungsansätze 1

H.-G. FREDE: Funktionen von Agrarlandschaften 5

F. KUHLMANN: Perspektiven einer wirtschaftlich tragfähigen und umweltverträglichen Landnutzung*

Plenum: „Qualitätssicherung von Nahrungs- und Industriepflanzen“

B. HONERMEIER: Pflanzenbauliche Forschung zur Qualitätssicherung von Nahrungs- und Industriepflanzen 10

W. FRIEDT, W. LÜHS: Qualitativ wertvolle pflanzliche Erzeugnisse als Ergebnis wissenschaftlicher Pflanzenzüchtung 16

Kurzvorträge in den Arbeitsgemeinschaften

AG Agrar- und Produktionsökologie 1 (Züchtung)

C. REINBRECHT, S. BARTH, S. VON WITZKE-EHBRECHT, M.A. KHAN, H.C. BECKER, G. KAHNT, W. CLAUPEIN: Selektion anbauwürdiger Saflor-Formen für den Ökologischen Landbau aus einem zweijährigen Screening-Experiment 23

J. P. BARESEL, H. J. REENTS, G. ZIMMERMANN: Probleme der Qualitätszüchtung bei Weizen im ökologischen Landbau 27

R. HOFFMANN-BAHNSEN, J. PLESSOW: Alte Kulturpflanzen neu entdeckt, Rispenhirse (*Panicum miliaceum*) eine ideale Sommerung für den ökologischen Landbau 31

C.-H. TRESELER, R. PUDE: Saatgutqualität und Etablierung von *Panicum virgatum* (Switchgrass) 34

AG Agrar- und Produktionsökologie 2 (Bilanzen und Nachhaltigkeit)

J. RÜCKNAGEL, K.-J. HÜLSBERGEN, O. CHRISTEN: Ergebnisse bei der Anwendung des Betriebsbilanzierungsmodells REPRO in Referenzbetrieben von Rheinland-Pfalz 38

F. REINICKE, K.-J. HÜLSBERGEN, O. CHRISTEN: Bewertung von Anbausystemen des integrierten und ökologischen Landbaus unter den Bedingungen des mitteldeutschen Trocken-Lößgebietes in einem Dauerfeldversuch 42

GISA-WILHELMINE RATHKE, W. DIEPENBROCK: Auswirkung von Vorfrucht und Stickstoffdüngung auf die Produktivität und Energieeffizienz im Winterrapsanbau 46

C. WALTER, H. STÜTZEL: Eine Methode zur Bewertung der Nachhaltigkeit im Feldgemüsebau 50

AG Agrar- und Produktionsökologie 3 (Ökologischer Landbau)

H. NEUMANN, R. LOGES, F. TAUBE: Optimierungsstrategien des „Weite Reihe"-Verfahrens im ökologischen Winterweizenanbau: Variation von Reihenweite, Weizensorte, Aussaatstärke und Untersaat 52

M. KELM, R. LOGES, F. TAUBE: Ressourceneffizienz ökologischer Fruchtfolgesysteme 56

K. BECKER, G. LEITHOLD: Verbesserung der Backqualität von Winterweizen im ökologischen Landbau durch Vergrößerung des Reihenabstandes und Untersaaten....59

J. DEBRUCK: Der viehlose Ökobetrieb – die Problematik um Fruchtfolge und N-Kreislauf....63

AG Agrar- und Produktionsökologie 4 (Precision Farming)

G. HUBER, F.-X. MAIDL, J. SCHÄCHTL: Vergleichende Untersuchungen verschiedener Systeme der Teilschlagdüngung bei Winterweizen....67

J. SCHÄCHTL, F.-X. MAIDL, G. HUBER: Ist eine sensorgestützte Stickstoffdüngung von Kartoffelbeständen durchführbar? 71

E. STICKSEL, J. SCHÄCHTL, G. HUBER, J. LIEBLER, F.-X. MAIDL: Tagesgänge ausgewählter Vegetationsindices in Winterweizen....75

D. KÖPPEN: Berücksichtigung der agrarökologischen Variabilität von Bodenkennziffern bei der Begründung teilflächenspezifischer Maßnahmen 79

AG Agrar- und Produktionsökologie 5 (Nährstoffhaushalt)

S. DREYMANN, R. LOGES, F. TAUBE: Einfluss der Kleegras-Nutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte 83

S. ULRICH, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Einfluss langjähriger unterschiedlicher Düngung auf bodenphysikalische Eigenschaften im Langzeitzeitversuch ″Ewiger Roggenbau″ 87

H. SCHUMANN: Nachhaltige Humuswirkung unter den feuchten Bedingungen Westdeutschlands ? – Bodenkennwerte und Zuckererträge aus dem Dikopshofer Dauerdüngungsversuch 91

AG Agrar- und Produktionsökologie 6 (Anbausysteme)

H.-P. KÖNIG, H.-J. KOCH: Wirkung differenzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag, Qualität, N-Aufnahme und N-Bilanz einer Zuckerrüben-Fruchtfolge an einem Lössstandort in Südniedersachsen 95

ANGELIKA NEUMANN, CLAUDIA HOF, K. SCHMIDTKE, R. RAUBER: Ertragsbildung und symbiotische Stickstoff-Fixierung der Linse (*Lens culinaris* Medik.) in Reinsaat und Gemenge mit Nacktgerste (*Hordeum vulgare* ssp. *nudum* L.) 99

M. FARACK: Hohes Ertragsrisiko durch extreme Frühsaaten von Winterweizen in mitteldeutschen Trockengebieten....102

AG Agrar- und Produktionsökologie 7 (Nachwachsende Rohstoffe 1)

R. GRAß, K. SCHEFFER: Kombinierter Anbau von Energie- und Futterpflanzen im Rahmen eines Fruchtfolgegliedes – Beispiel Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht 106

I. LEWANDOWSKI, M. LONDO, U. SCHMIDT, A. FAAIJ: Energiepflanzen und Landnutzungsfunktionen – Ein Überblick zu Kombinationsmöglichkeiten, biophysikalischen Effekten und ökonomischen Ansätzen 110

K. SCHEFFER: Der Anbau von Energiepflanzen als Chance einer weiteren Ökologisierung der Landnutzung 114

AG Agrar- und Produktionsökologie 8 (Nachwachsende Rohstoffe 2)

MARIANNE KARPENSTEIN-MACHAN: Stoffströme im Bioenergiedorf Jühnde 120

H. RENNEBAUM, E. GRIMM, K. WARNSTORFF, W. DIEPENBROCK: Bewertung von Ölleingenotypen (*Linum usitatissimum* L.) und unterschiedlicher Bestandesdichten bei einer Nutzung der Fasern als Beiprodukt 124

V. NAUMENKO, E. GRIMM, H. RENNEBAUM, W. DIEPENBROCK: Veränderungen morphologischer Merkmale und der Faserqualität während des Wachstums von Faserhanf (*Cannabis sativa* L.) 126

AG Agrar- und Produktionsökologie 9 (Pflanzenschutz)

P. JUROSZEK, S. DREWS, D. NEUHOFF, U. KÖPKE: Mehrjährige Ergebnisse zur photobiologischen Unkrautkontrolle im Organischen Landbau 130

J. PETERSEN: Möglichkeiten und Grenzen neuer Anbausysteme durch den Einsatz von glyphosatresistenten Zuckerrüben 134

M. GAUDCHAU: Fungizidstrategien im Winterweizen 136

AG Agrar- und Produktionsökologie 10 (GMO)

G. KNIPP, B. HONERMEIER: Untersuchungen zur Wirkung von Trockenstress auf ertragsphysiologische Merkmale von im Kohlenhydratmetabolismus gentechnisch veränderten Kartoffeln 140

CAROLA PEKRUN, W. CLAUPEIN: Pflanzenbauliche Bewertung des Anbaus transgener Kulturpflanzen – Möglichkeiten und Perspektiven 144

SABINE GRUBER, CAROLA PEKRUN, W. CLAUPEIN: Gentransfer durch Unkrautraps 148

AG Ertragsphysiologie und Wachstumsmodelle 1

S. BURKART, R. MANDERSCHEID, H.-J. WEIGEL: Wirkung von erhöhter atmosphärischer CO_2-Konzentration auf die Bestandesevapotranspiration: Kompensatorische Effekte des Blattflächenindex? 152

K. KAHLEN, H. STÜTZEL: Virtuelle Bestände: Modellierung der Architektur und Lichtaufnahme 156

R. MANDERSCHEID, CATHLEEN FRÜHAUF, H.-J. WEIGEL: Wechselwirkung von CO_2-Anreicherung unter Feldbedingungen (FACE) und Stickstoffversorgung auf Wachstum und Ertrag von Zuckerrüben 158

SIMONE GRAEFF, W. CLAUPEIN: Stickstoffnutzungseffizienz unterschiedlicher Maisgenotypen – Screening mittels Reflexionsmessungen 161

AG Ertragsphysiologie und Wachstumsmodelle 2

J. LEIPNER, C. JOMPUK, Y. FRACHEBOUD, P. STAMP: Kühlestress bei Mais: Auf der Spur physiologischer und morphologischer Zusammenhänge mittels QTL Analyse.....164

L. LINNEMANN: Gluteninmakropolymer – Ein Schlüssel zum Verständnis der Backqualität von Weizen 167

S. FREYDANK, GISA-WILHELMINE RATHKE, T. TEEBKEN, KRISTINA WARNSTORFF, W. DIEPENBROCK: Strahlungsnutzung durch perennierende Pflanzenbestände ..171

AG Ertragsphysiologie und Wachstumsmodelle 3

F. YAN, B. HONERMEIER, B., Y. ZHU, S. SCHUBERT: Untersuchungen zur Plasmalemma-H^+-ATPase-Aktivität in Blättern von fructanbildenden transgenen Kartoffelpflanzen (*Solanum tuberosum* L.) 175

F. SIMIONIUC, B. HONERMEIER: Untersuchungen zur ertragsphysiologischen Wirkung der Fungizidapplikation beim Sommerweizen (*T. aestivum*) in einem Gefäßversuch 179

T. SCHÄFER, B. HONERMEIER: Einfluss der N-Düngung und Beregnung auf die Zellstruktur der Sprossachsen von Faserhanf (*Cannabis sativa* L.) 183

AG Grünland und Futterbau 1

L. SCHMIDT: Einfluss langjähriger Düngung auf Ertrag und Qualität von Silomais ...186

J. BOBE, M. WACHENDORF, M. BÜCHTER, F. TAUBE: Vergleich der Nitratkonzentrationen im Grund- und Sickerwasser bei variierter Düngungsintensität im Dauergrünland und in einer Maismonokultur – Erste Ergebnisse - 190

S. WICHMANN, R. LOGES, F. TAUBE: Futterqualitätsentwicklung, Ertragsleistung und N_2-Fixierungs-leistung von Erbsen in Reinsaat und im Gemenge mit Sommergerste.....194

H. LASER: Eignung verschiedener pflanzenbaulicher Optionen zur Selenat-Applikation in extensiven Weidesystemen 198

AG Grünland und Futterbau 2

M. KELM, M. WACHENDORF, H. TROTT, KAREN VOLKERS, F. TAUBE: Energieeffizienz im Futterbau – Ergebnisse aus dem N-Projekt Karkendamm 202

J. ISSELSTEIN, O. CORRELL, J. STRODTHOFF, G. ZHAO, M. HOFMANN: Produktivität und Struktur der Grasnarbe auf extensiver Standweide.....205

M. ANGER, A. MALCHAREK: Veränderung der Futterqualität in Primäraufwüchsen von artenreichen Berg-Glatthaferwiesen (Arrhenatheretum montanum) 209

AG Heil- und Gewürzpflanzen

S. GÖTTMANN, B. HONERMEIER: Einfluss von Bestandesdichte und Standraumverteilung der Pflanzen auf Ertrag und Qualität der Blattdrogen bei der Artischocke (*Cynara scolymus* L.) 211

SYLVIA CERGEL, B. HONERMEIER: Untersuchungen zum Einfluss der Lufttemperatur und N-Ernährung auf Kornbildung, Ölgehalt und Fettsäurenzusammensetzung der Samen von Borretsch (*Borago officinalis* L.) 215

R. PUDE, M. DIEWALD: Erste Anbauversuche von *Stevia rebaudiana* 219

AG Tropischer Pflanzenbau

C. MOELLER, A.M. MANSCHADI, M. PALA, H. MEINKE, J. SAUERBORN: Sustainable management of wheat-based systems in a Mediterranean environment: An analysis using a cropping systems simulator 223

R. HONARNEJAD, M. SHOAI-DEYLAMI: Geneffekte und Kombinationseignung der Eigenschaften von Burley-Tabaken (*Nicotiana tabacum* L.).....226

AG Saatgut und Sortenwesen

B. WAGNER, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Auswirkungen wässriger Strohextrakte auf das Keimverhalten ausgewählter Winterweizengenotypen 228

A. OSSENKOP, E. LADEWIG, W. HORN: Untersuchungen zur Beurteilung des Erdanhangs in Sortenversuchen bei Zuckerrüben 232

H. GRÖLZ, B. HONERMEIER: Einfluss von Kältebehandlung und Beschattung auf den Kornansatz von Hybriden des Roggens mit unterschiedlichem Restorer-Gen.....236

Posterpräsentationen

AG Agrar- und Produktionsökologie 1 (Anbausysteme und Produktqualität)

R. BÖLÜKBAS, L. BEHLE-SCHALK, B. HONERMEIER: Untersuchungen zur Wirkung der Fruchtfolge auf N-Düngungseffizienz und Backqualität beim Weizen (*Triticum aestivum* L.).....240

D. KAUTER, J. POETSCH, M. SCHLOEN, B. WOLPERT, W. CLAUPEIN: Entwicklung von Strategien für den ökologischen Anbau von Körnerleguminosen im Oberrheingebiet – Statuserfassung.....242

M. KELM, F. TAUBE: Erträge im konventionellen und ökologischen Getreideanbau in Abhängigkeit von der Standortgüte 244

P. LIEBHARD, E. SCHMID, F. SINABELL, H.-P. KAUL: Modellanalytische Bewertung von pflanzenbaulichen Bewirtschaftungsmaßnahmen aus dem ÖPUL–Programm bezüglich Ertragsverhalten und Grundwasserqualität im Marchfeld ..246

GISA-WILHELMINE RATHKE, W. DIEPENBROCK: Energieeffizienz in der Hanf-Produktion 248

G. RÜHL, B. DILCI: Pflanzenbauliche Untersuchungen zur Ertragssicherung von HO-Sonnenblumen.....250

GUNDA SCHULTE AUF'M ERLEY, H.-P. KAUL: Was ist die optimale Bestandesdichte für den Anbau von Körneramarant? – Effekte auf Ertrag und Morphologie.....252

J. WEINHAUSEN, G. LEITHOLD, B. HONERMEIER: Einfluss unterschiedlicher Bodennutzung auf Eigenschaften des Bodens sowie Erträge und N-Gehalte von Getreide – Ergebnisse des Fruchtfolge-Dauerversuches Gießen 254

ANDREA ZETTER, GUNDA SCHULTE AUF'M ERLEY, E. BERGHOFER, H.-P. KAUL: Korngutqualität von Amarant in Abhängigkeit von Genotyp und Bestandesdichte.....256

AG Agrar- und Produktionsökologie 2 (Ertragsbildung)

D. BLOCH, C. HOFFMANN: Ertrag und Qualität von Zuckerrüben im Vegetationsverlauf – Interaktion von Sorte und Erntetermin 258

M. DRESSLER, B. HOFMANN, K. WARNSTORFF, W. DIEPENBROCK: Einfluss der Saatzeit auf Wurzelwachstum, Ertragsstruktur und Kornqualität bei Winterweizen.....260

T. KAUTZ, F. ELLMER: Mykorrhizierung, Ertrag und Ertragsstruktur von Sommergerste bei differenzierter organisch-mineralischer Düngung.....262

O. PIEPENBROCK, A. FRICKE, H. STÜTZEL: Ertragsbildung und Entwicklung von Brokkoli auf farbigen Mulchmaterialien.....264

AG Agrar- und Produktionsökologie 3 (Nährstofflüsse und Precision Farming)

G. BODNER, M. BÜCHTER, H.-P. KAUL: Modellvergleich zur Simulation der N-Bilanz unterschiedlich gedüngter Maisbestände.....266

IRIS EHLER, H. STÜTZEL: Einfluss unterfluriger Tropfbewässerung und organischer Düngung auf den Ertrag von Spargel 268

M. HENNEBERG, A. GRÜNER: Lysimeteruntersuchungen zum Nähr- und Schadstoffaustrag bei Anbau von Silomais nach Einsatz von gereiftem Baggergut aus dem Rostocker Aquatorium zur Bodenverbesserung 270

SIMONE GRAEFF, Z. FAN, W. CLAUPEIN: Einsatz von Reflexionsmessungen zur Identifizierung von Wasserstress bei Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) 272

C. IDELBERGER, E. STICKSEL: Sonnenlicht-induzierte Chlorophyll-Fluoreszenz im Tagesgang im gesunden und kranken Kartoffelbestand 274

M. LEINKER, A. KIELHORN, B. LEHMANN, D. TRAUTZ: Teilflächenspezifische Wirtschaftsdüngerausbringung 276

JOHANNA LINK, SIMONE GRAEFF, W. CLAUPEIN: Teilflächenspezifische Variabilität im Oberrheingraben 278

A. SCHMID, G. HUBER, F.-X. MAIDL: Möglichkeiten der Schätzung des Biomasseaufwuchses von Wintergerste mittels Spektrometer 280

H.-G. SCHOEN, A. KIELHORN, D. TRAUTZ: On Farm Experimentation with the help of Precision Farming techniques 282

AG Agrar- und Produktionsökologie 4 (Bodenbearbeitung und Pflanzenschutz)

F. ERLACH, F. F. GRÖBLINGHOFF, N. LÜTKE ENTRUP: Pfluglose Bestelltechniken im Ackerbau – Strategie zur Minderung diffuser Herbizid- und Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer.....284

A. HÄBERLE, C. PEKRUN, W. CLAUPEIN, S. KÖHLER, K. STAHR, V. RÖMHELD: Untersuchungen zur Wirkung einer einmalig variierten Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung, Verunkrautung und Nitratauswaschung unter den Produktionsbedingungen des Ökologischen Landbaus.....286

B. HOFMANN, S. TISCHER, O. CHRISTEN: Einfluss langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Humusgehalt und biologische Bodeneigenschaften.....288

J. RÜCKNAGEL, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Einfluss langjährig unterschiedlicher Bearbeitungsintensität auf physikalische Bodeneigenschaften, Humusgehalt und Wintergerstenertrag.....290

J. ADAMIAK, A. STĘPIEŃ: Wirksamkeit mechanischer Unkrautbekämpfung im Sommerweizen und in Wintergerste in Abhängigkeit von der Düngungsmethode.....292

EWA ADAMIAK, J. ADAMIAK: Photobiologische Verunkrautungsregulierung im Winterweizen.....294

EWA ADAMIAK, T. P. KUROWSKI, J. ADAMIAK: Krankheitsbefall von Wintertriticale-sorten in mehrjähriger Monokultur.....296

J. BUDDEMEYER, J. PETERSEN: Bedeutung pflanzenbaulicher Maßnahmen für die integrierte Bekämpfung der Späten Rübenfäule *Rhizoctonia solani*.....298

AG Ertragsphysiologie und Wachstumsmodelle

U. BÖTTCHER, H. KAGE: Verwendung von Sensorinformationen zur teilflächen-spezifischen Abschätzung des Ertragspotenzials von Winterweizen 300

S. BURKART, R. MANDERSCHEID, H.-J. WEIGEL: Wirkung von erhöhter atmosphärischer CO_2-Konzentration auf CO_2- und H_2O-Flüsse von Getreide und Zuckerrübe: Messung mit einem Kammersystem und Modellierungsansätze*

T. GEBBING, W. KÜHBAUCH: Einfluss vorheriger Beschattung auf die Fruktan-akkumulation in abgeschnittenen Weizenblättern 302

R. HOFFMANN-BAHNSEN: Wieviel Stickstoff braucht Rispenhirse (*Panicum miliaceum*). Untersuchungen zum Stickstoffbedarf und der Dynamik in der Pflanze 304

M. KOHL, H. KAGE: Ansätze für die Modellierung des Wurzelsystems der Sommergerste.....306

R. MANDERSCHEID, CATHLEEN FRÜHAUF, ANJA KUCZERA, CORDULA GROßEKATHÖFER, H.-J. WEIGEL: Mehr CO_2 macht Getreide- und Zuckerrüben-bestände wärmer.....308

S. SCHITTENHELM: Ertragsphysiologische Aspekte der CULTAN-Düngung zu Sommergerste.....310

J. M. WESONGA, H. STÜTZEL, S. G. AGONG: Growth and Development of French beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Grown as Sole Crop or Intercropped with Carrots in Kenya.....312

AG Grünland und Futterbau

MARTA BAJNOK: Welche Konsequenzen ergeben sich aus der Schätzung der Energiedichte von Winterweidefutter.....314

KATJA BANZHAF, W. OPITZ VON BOBERFELD: Mineralstoffmuster von Winter-weidefutter in Abhängigkeit von Pflanzengesellschaft und Nutzungstermin 316

R. BOCKHOLT, I. BERGMANN: Präferenz, Futterwert und Ausdauer verschiedener Grasarten auf lehmigem Sandboden bei Winterweide mit Mutterschafen.....318

A. BRAMM, G. PAHLOW, H. BÖHM, A. BERK: Anbaueignung von ausgewählten Körnerleguminosen im Rein- und Mischanbau mit Sommergetreidearten zur Erzeugung und ernährungsphysiologischen Bewertung von hochwertigen betriebseigenen Eiweißfuttermitteln 320

S. ECHTERNACHT, W. OPITZ VON BOBERFELD: Zur Eignung von *Brassica napus* spec. als Ackerpferch-Zwischenfrüchte bei variierenden Saat- und Ernteterminen.....322

S. KRUSE, A. HERRMANN, A. KORNHER, F. TAUBE: Charakterisierung von Mais-genotypen anhand des Gehaltes von wasserlöslichen Kohlenhydraten.....324

CAROLA LAMPE, K. DITTERT, M. WACHENDORF, B. SATTELMACHER, F. TAUBE: Einfluss der N-Düngung auf die N_2O-Emissionen auf Grünland und ^{15}N 326

M. LIEDGENS, P. STAMP: Die Veränderung des Bodenwassergehalts von Mais (*Zea mays* L.) durch lebenden Italienisch Raigras-Mulch (*Lolium multiflorum* Lam.).....328

W. OPITZ V. BOBERFELD, P. DANIEL, M. STERZENBACH: Zur Gärqualität von Festuco-Brometea-Arten in Abhängigkeit von Laktobakterienzusatz und Jahr ...330

W. OPITZ V. BOBERFELD, M. KRÄLING, M. STERZENBACH: Zur Zellwandbeschaffenheit von Winterweidefutter in Abhängigkeit von Erntetermin und Fazies.....332

AG Heil- und Gewürzpflanzen

G. JÄNISCH-MARTENS, G. ABEL, R. SCHENK: Ertrags- und Inhaltsstoffentwicklung von Traubensilberkerze (*Cimicifuga racemosa* (L.) Nuttal) im Vegetationsverlauf.....334

CH. MATTHES, B. HONERMEIER: Untersuchungen zum Einfluss des Erntetermins auf Ertrag und Qualität der Blattdrogen bei der Artischocke (*Cynara cardunculus* L. subsp. *flavescens* WIKL.).....336

G. WEINBRENNER, B. HONERMEIER: Untersuchungen zur mikrobiellen Dekontamination der Samen von Borretsch (*Borago officinalis* L.).....338

AG Tropischer Pflanzenbau

BETTINA EICHLER, R. T. GUTIÉRREZ, D. KÖPPEN: Einsatz von Mikroorganismen zur Verbesserung der Nährstoffversorgung von Pflanzen in den gemäßigten Breiten und in den feuchten Tropen 340

J. GRENZ, A.M. MANSCHADI, J. SAUERBORN: Optimierung der Anbauplanung für Ackerbohne im mediterranen Raum mittels eines Simulationsmodelles 342

AG Saatgut und Sortenwesen

ICHINKHORLOO DASHBALJIR, P. LIEBHARD, FRANZISKA LÖSCHENBERGER, W. HARTL, H.-P. KAUL: Einfluss der Produktionsumwelt auf ausgewählte Saatgutparameter und den Feldaufgang bei Weizen im Biologischen Landbau 344

S. DONGUS, S. GRUBER, W. CLAUPEIN: Ausbildung sekundärer Dormanz bei Rapssamen in Abhängigkeit von der Samengröße und der Position an der Mutterpflanze.....346

ALOMA EWALD, ANNA ORLICZ-LUTHARDT, SANDRA REINHARDT, S. ZERCHE: Anwendungsorientierte Grundlagenforschung zur Saatgutqualität von Zierpflanzen am Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V. .348

KARIN FÖRSTER, W. DIEPENBROCK: Erste Ergebnisse zur Wirkung stabilisierter Waidextrakte gegen *Fusarium culmorum*.....350

SABINE GRUBER, CAROLA PEKRUN, W. CLAUPEIN: Sekundäre Dormanz im aktuellen Rapssortiment.....352

SANDRA REINHARDT, ALOMA EWALD, F.HELLWIG: Untersuchungen zur Prädetermination der Saatgutqualität bei *Cyclamen persicum* cv. 354

G. SMIT, S. GRUBER, W. CLAUPEIN: Erste Ansätze zur Prüfung der Vererbung der Überdauerungs-neigung (sekundäre Dormanz) von Raps (*Brassica napus* L.) 356

AG Versuchswesen

M. BÜCHTER, M. LEMMENS, H.-P. KAUL: Standortkartierung von Getreidefusariosen im Trockengebiet Ostösterreichs 358

ESZTER ZSOM, G. BODNER, M. BÜCHTER, H.-P. KAUL: Einfluss bodenphysikalischer Parameter auf die Bestimmung des volumetrischen Bodenwassergehalts mittels TRIME-TDR 360

Workshop Biometrie

H.-P. PIEPHO, A. BÜCHSE: Spaltanlage – Messwiederholung – Dauerversuch: Hinweise zur Auswertung komplexer pflanzenbaulicher Versuche mit gemischten Modellen 362

* Beitrag lag bei Redaktionsschluß nicht vor

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 1–4 (2003)

Nachhaltige Landbewirtschaftung in Grenzertragslagen – Pflanzenbauliche Forschungsansätze –

W. Opitz von Boberfeld *

Problemstellung

Die Stagnation des Absatzes agrarischer Produkte führt zu einer sinkenden Nachfrage nach landwirtschaftlicher Nutzfläche. Demzufolge gewinnen insbesondere in Grenzertragslagen extensive Verfahren der Landbewirtschaftung als Alternative zur Sozialbrache und Aufforstung an Bedeutung. Die Nutzung der naturnahen Vegetation mit anspruchslosen Weidetieren stellt weltweit die extensivste Form agrarischer Landnutzung dar. Mit dieser Landnutzungsform sind bereits viele Leitbilder des aktuellen Kultur-(Natur-)Schutzes bzw. der Ressourcenschonung realisiert, die Landnutzung hat damit bereits einen multifunktionalen Ansatz. Für die Pflanzenbauforschung generell und insbesondere für die wissenschaftliche Bearbeitung des Grünlandes ergeben sich vor diesem Hintergrund eine ganze Reihe hochaktueller Fragen, die zu hohem Grade einer allgemeingültigen Klärung harren.

Milch- versus Rindfleischerzeugung in Grenzertragslagen

Aufgrund der Kostenstruktur – Stallplätze, Technik, Arbeit – ist für die rationelle Haltung von **Milchvieh** eine Herdengröße von > 100 Kühen und sind gleichzeitig hohe Herdenleistungen – gelegentlich vorgebrachter Kritik zum Trotz – notwendig. Beides erfordert letztendlich die ganzjährige Stallhaltung und den Einsatz energiereicher Rationen mit ausreichender Struktur. Herdenleistungen von > 10.000 kg FECM erfordern Futter mit Energiedichten, die von in Grenzertragslagen erzeugtem Weidefutter nicht erreicht werden. Die Ergänzung des Weidefutters mit Kraftfutterzulagen unter Verwendung von Silomais – sofern das überhaupt in den Regionen realisierbar ist – bedingt auf Futterbaubetrieben mit hohem Grünlandanteil infolge des geringen Nährstoffexportes mit der Milch vor allem N-Überschüsse (Anger 2001), die nicht beherrschbar sind. Im Gegensatz dazu bereitet die Haltung von Hochleistungskühen in Marktfruchtbetrieben nicht diese Probleme. Je höher die Herdenleistung auf Futterbaubetrieben ist, desto größer werden die flächenbezogenen N-Bilanzüberschüsse. Entsprechend den Richtzahlen zum Leistungsbedarf an nutzbarem Rohprotein für die Erzeugung von 1 kg FECM werden 86 g nutzbares Rohprotein (Kirchgessner 1997), das entspricht etwa 13,7 g N, benötigt. 1 kg FECM enthält etwa nur 5,3 g N, woraus sich ein N-Überschuss von etwa 8,4 g • kg^{-1} FECM ergibt, was 8,4 kg N • 1.000 kg^{-1} FECM entspricht. Da das nutzbare Rohprotein nur eine Teilmenge des Rohproteins darstellt, ergeben sich *in vivo* noch größere N-Überschüsse. In Abhängigkeit von der Besatzstärke ist diese Form der Nutzung von Grünland standortunabhängig somit durchweg nicht mehr nachhaltig. Folglich stellt aufgrund der Forderungen an das Futter und der Gefahr von vor allem N-Überschüssen unter diesen Bedingungen das Grünland keine Perspektive für die Haltung von Hochleistungskühen dar (Richarz 2002). Diese Umstände werden ganz besonders in Grenzertragslagen weiter Grünland freisetzen, das der Erzeugung von Rindfleisch dienen könnte.

Für den Erfolg der Haltung von **Mütterkühen** und **Fleischrindern** sind die durch Rassen bzw. Fleischqualität geprägten Leistungen einerseits sowie die Kosten für

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Ställe, Futter und Arbeitserledigung andererseits bestimmend. Bezogen auf pflanzenbauliche Aspekte ergeben sich daraus folgende Bedingungen: Kostenträchtige Ställe sind durch Winteraußenhaltung der Weidetiere zu ersetzen. Aufgrund hinreichender Kältetoleranz eigenen sich standortunabhängig sowohl klein- als auch großrahmige Rassen für die Ganzjahresaußenhaltung (Schneider 1915, Waßmuth 2002) unter der Voraussetzung, dass im Winter Vorkehrungen für isolierte Liegebereiche und Windschutz getroffen werden (Wallbaum 1996, Heikens 1999). Als Varianten der Winteraußenhaltung bieten sich an: Winterweiden und bei unzureichender Tragfähigkeit der Böden Acker- oder Strohpferche (Opitz v. Boberfeld 2002 a). Die Ausdehnung der Weidefutterperiode wirkt sich durch Einsparung an Konserven günstig auf die Kosten für Futter aus. Da Düngungsmaßnahmen das Weidefutter verteuern und Nährstoffexporte über das Fleisch gering sind, kann – abgesehen von der Aufrechterhaltung optimaler Reaktionsverhältnisse – auf Nährstoffgaben weitgehend verzichtet werden; diese Vorgabe setzt ein ausreichend großes, kostengünstiges Flächenangebot voraus. Um bei Vollerwerbsbetrieben für den Bereich Arbeitserledigung Kostendegressionseffekte voll nutzen zu können, ist ein Mutterkuhbestand von 100–120 Kühen – gehalten in mehreren Herden – erforderlich. Die kostengünstige Haltung von Mutterkühen und Fleischrindern ist naturnah, die Fleischerzeugung damit "ökologisch", eine Integration derartiger Futterbaubetriebe in Anbauverbände des Organischen Landbaues ist prinzipiell unproblematisch.

Winterweide und Nährstoff-Akkumulation

Auf Winterweiden kann es in Abhängigkeit von der Entfernung zu stationären Futterplätzen kleinräumig zu NH_4-N- und K-Anreicherungen kommen (Opitz v. Boberfeld 2001, 2002 a). Ein räumlicher Wechsel der Futterplätze in Verbindung mit Nachsaaten von Problembereichen bietet sich als wirksames Regulativ an. Im Gegensatz zum Ackerpferch – hier sind die Besatzdichten geringer als auf Winterweiden – werden beim Strohpferch Besatzdichten wie in Laufställen erreicht. Beim Strohpferch gehen in Abhängigkeit von Einstreumenge, Pferchdauer und Besatzdichte signifikante Einflüsse auf die akkumulierten N_{min}- und K-Mengen aus. Gerstenstroh weist die höchsten, Weizenstroh die geringsten Bindungseigenschaften auf, wobei von verschiedenen Strohaufbereitungsverfahren kein signifikanter Einfluss ausgeht. Wird von ausreichenden Einstreumengen – etwa das Doppelte der Laufstalleinstreu – Gebrauch gemacht und die Pferchzeit auf das Notwendige – ca. 18 Wochen – begrenzt, so unterscheiden sich die Nährstoffmengen unter Strohpferchen nicht von denen der Kontrollen (Opitz v. Boberfeld 2002 a).

Winterfutter "auf dem Halm"

Mutterkühe und Fleischrinder sind Ansatz- und nicht wie Milchkühe Umsatztypen, insofern sind die Anforderungen an das Winterfutter – bezogen auf Menge und Qualität – nicht so hoch. Aus Lehrbüchern (Klapp 1971, Voigtländer & Jacob 1987, Opitz v. Boberfeld 1994) und Futterwerttabellen (Anonymus 1997) sind keine Informationen zur Futterqualität einschließlich Mykotoxinproblematik von Winterweidefutter zu entnehmen. Wie mehrjährige faktorielle Untersuchungen an Reinbeständen – *Festuca arundinacea, Festulolium braunii, Lolium perenne* (Wolf 2002, Wolf & Opitz v. Boberfeld 2003) – und Weidegesellschaften – Lolio- und Festuco-Cynosureten unter Einschluss gemeinsam durchgeführter Versuche in Osteuropa (= Polen, Tschechien, Ungarn) – gezeigt haben (Opitz v. Boberfeld & Wöhler 2002, Wöhler 2003), ist der Schonungsgrad in der Vegetationsperiode sowie der Erntetermin im Winter von gesichertem Einfluss auf den Ertrag und die wertgebundenen Inhaltsstoffe. Zu den Ein-

satzmöglichkeiten von Winterfutter "auf dem Halm" lässt sich zusammenfassend für Grenzertragslagen in Mitteleuropa herausstellen, dass Bestände, die Anfang Juli in der Vegetationsperiode letztmalig genutzt werden, bis zum Jahresende ein akzeptables Futter liefern, wobei *Festuca arundinacea*-Bestände eine Vorrangstellung über das Jahresende hinaus einnehmen. Für die Entwicklung und Anwendung GIS-basierter Landnutzungs-Simulations-Modelle lässt sich herausstellen, dass bei extensiven Weideverfahren Standorteffekte in dem Bereich von 150 bis 500 m über NN nicht relevant sind; damit konnten wir neuere Befunde von Buchgraber (1999), denen eine noch größere Standortvarianz zugrunde liegt, erweitert auf Winterweiden, bestätigen.

Fragen, die zum Winterfutter "auf dem Halm" u.a. noch offen sind, sind

- Mineralstoffmuster und -konzentration, bezogen auf Tetanie, Gebärparese sowie Se-mangelbedingte Kälberausfälle,
- Analyse der Zellwandbestandteile im Hinblick auf die Erklärbarkeit unterschiedlicher Verdaulichkeiten,
- Validierung mit verschiedenen Weidetieren – Rind, Schaf – sowie Besatzdichten und
- grünland-vegetationskundliche Bewertung ganzjähriger Außenhaltungsverfahren unter Einschluss der gesamten Betriebsfläche.

Über vorläufige Teilergebnisse zu den aufgelisteten Aspekten berichten in diesem Band aus unserer Arbeitsgruppe: Banzhaf, Daniel, Echternacht, Kräling, Laser, Neff und Sterzenbach.

Futter-Konserven extensiver Weidesysteme

Eine erfolgreiche Mutterkuh- und Fleischrinderhaltung ist mit geringen bzw. fehlenden Nährstoffgaben verbunden. Untersuchungen zeigen (Weissbach & Honig 1996, Opitz v. Boberfeld 2002 b), dass geringe N-Gaben in Kombination mit verspätetem Schnitt aufgrund extrem niedriger NO_3-Konzentrationen des Schnittgutes der Buttersäurefermentation und damit gärbiologisch nicht einwandfreien Silagen Vorschub leisten. Es konnte gezeigt werden (Sterzenbach 2000, Opitz v. Boberfeld & Sterzenbach 2001), dass derartige Substrate zur Sicherung der Milchsäurefermentation nitrat- bzw. nitrithaltige Additive erfordern; unter den Bedingungen lässt sich auch für Mutterkühe und Fleischrinder anstatt Heu – wie heutzutage meist noch praktiziert – einwandfreies Gärfutter als Konserve erzeugen. Selbst bei langer Ausdehnung der Weideperiode kann in der Winterfutterperiode bei der Außenhaltung nicht auf Konserven verzichtet werden.

Ausblick

Die Standardliteratur und dieser Beitrag belegen, dass die Grünlandforschung und damit der Pflanzenbau gefordert ist, namentlich für Grenzertragslagen Landnutzungssysteme zu analysieren, zu entwickeln und zu optimieren im Hinblick darauf, wie perennierende Mischbestände nachhaltig zu bewirtschaften sind und Grundfutter zu verwerten ist. Es konnte gezeigt werden, dass sich die Mutterkuh- und Fleischrinderhaltung in Grenzertragslagen kostengünstig gestalten lässt. Bei der ganzjährigen Außenhaltung von Wiederkäuern ist offenbar ein Landnutzungssystem realisiert, dass aufgrund der Selbstregulation multifunktionale Effekte gewährleistet. Es sind hier Modelle zu erstellen (Möller et al. 2002), mit denen sich punktuell gewonnene Daten unter Einschluss von Interaktionen in die Fläche für raumbezogene Aussagen übertragen und sich Verfahrensalternativen aufzeigen lassen.

Literatur

Anger, M., 2001: Kalkulation der umweltbelastenden Stickstoffverluste auf Dauergrünland und Bewertung des nachhaltigen Stickstoffeinsatzes im Grünlandbetrieb. Habil.-Schr. Bonn.

Anonymus, 1997: DLG-Futterwerttabellen, Wiederkäuer. 7. Aufl., Verl. DLG, Frankfurt/M.

Buchgraber, K., 1999: Einfluss der Höhenstufen im Bergland auf die Ertrags- und Qualitätsleistung. 43. Jahrestagung AG Grünland & Futterbau, Bremen, 58-62.

Heikens, H.B., 1999: Gesundheit und Verhalten von Mutterkühen mit Kälbern in Winterweidehaltung. Diss. Göttingen.

Kirchgessner, M., 1997: Tierernährung. 10. Aufl., Verl. DLG, Frankfurt/M.

Klapp, E., 1971: Wiesen und Weiden. 4. Aufl., Verl. Paul Parey, Berlin u. Hamburg.

Möller, D., F. Kuhlmann, W. Opitz v. Boberfeld, H. Laser & M. Sterzenbach, 2002: Year-round outdoor stock keeping of suckler cows as a management strategy to conserve varied open landscapes. Grasl. Sci. Europe 7, 934-935.

Opitz v. Boberfeld, W., 1994: Grünlandlehre, Biologische und ökologische Grundlagen. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.

Opitz v. Boberfeld, W., 2001: Grassland management aspects for year-round outdoor stock keeping of suckler cows. Grasl. Sci. Poland 4, 137-147.

Opitz v. Boberfeld, W., 2002 a: Winteraußenhaltung und Standort. Hrsg. KTBL Darmstadt, Ganzjährige Freilandhaltung von Fleischrindern. KTBL-Schr. 409, 30-46.

Opitz v. Boberfeld, W., 2002 b: Additives applied in grass silage production as depending on cultivation intensity of grassland. Anim. Sci. Pap. Rep. 20, 41-48.

Opitz v. Boberfeld, W. & M. Sterzenbach, 2001: Specific problems of silage making in low-input conditions. Grassl. Sci. Europe 6, 129-132.

Opitz v. Boberfeld, W. & K. Wöhler, 2002: Forage quality of low input winter pastures under varying conditions in central Germany. Grassl. Sci. Europe 7, 222-223.

Richarz, R., 2002: Wirtschaftliche Milchproduktion. Milchpraxis 40, 160-164.

Schneider, K., 1915: Beiträge zur Frage der Winterweide. Mitt. DLG 30, 470-472.

Sterzenbach, M., 2000: Nutzungsmöglichkeiten von Aufwüchsen extensiv bewirtschafteten Grünlandes durch Mutterkühe. Diss. Gießen.

Voigtländer, G. & H. Jacob, 1987: Grünlandwirtschaft und Futterbau. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.

Wallbaum, F., 1996: Tiergerechtigkeit der ganzjährigen Weidehaltung fleischbetonter Mutterkühe am Mittelgebirgsstandort. Diss. Göttingen.

Waßmuth, R. 2002: Anpassungsreaktion zur Aufrechterhaltung der Körperkerntemperatur bei Wärme- oder Kältebelastung. Hrsg. KTBL Darmstadt, Ganzjährige Freilandhaltung von Fleischrindern. KTBL-Schr. 409, 50-55.

Weissbach, F. & H. Honig, 1996: Über die Vorhersage und Steuerung des Gärverlaufes bei der Silierung von Grünfutter aus extensivem Anbau. Landbauforsch. Völkenrode 46, 10-17.

Wöhler, K., 2003: Zur Qualität und Masse von Winterweidefutter in Abhängigkeit von Standort, Pflanzengesellschaft und Bewirtschaftung. Diss. Gießen.

Wolf, D., 2002: Zum Effekt von Pflanzenbestand, Vornutzung und Nutzungstermin auf Qualität und Masse von Winterweidefutter. Diss. Gießen.

Wolf, D. & W. Opitz v. Boberfeld, 2003: Effects of nitrogen fertilization and date of utilization on the quality and yield of tall fescue in winter. J. Agron. Crop Sci. 189, 47-53.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 5–9 (2003)

Funktionen von Agrarlandschaften

Hans-Georg Frede*

Einleitung

Landwirtschaftliche Nutzung stellt ein sehr komplexes System dar, denn jedes Landnutzungssystem ist mit spezifischen – abiotischen, biotischen und sozialen – Funktionen gekoppelt, d.h. jede Form der Landnutzung erzeugt öffentliche und private Güter. Bewertungsverfahren, die sich am Leitbild der „Nachhaltigkeit" orientieren, erfordern daher eine integrierte Nutzen-Kosten-Bilanz sowohl der ökologischen (in der Regel nicht an Märkten gehandelten) als auch der ökonomischen Funktionen von Landnutzungen auf regionaler Ebene. Nachhaltigkeit in diesem klassischen Verständnis bedeutet stets ein Verhältnis zwischen Nutzen bzw. Nutzung (Erzeugung) auf der einen Seite und Kosten bzw. Belastung (Ressourcenverbrauch) auf der anderen Seite – im ökonomischen Sinne einen Nutzen-Kosten-Vergleich.

In der (agrar)politischen Diskussion wird die Vielfalt der Funktionen von Nachhaltigkeit mit dem Begriff ‚**Multifunktionalität**' subsummiert – ein technischer Ausdruck für den Sachverhalt, dass Land- und Forstwirtschaft vielfältige externe Wirkungen zeitigen. Eine Beurteilung nur auf der Basis der möglichen Umweltbelastungen, die den Aspekt der Erzeugung von Nutzen nicht berücksichtigt, so wie es z.Z. im politischen Raum gerne getan wird, führt (möglicherweise) zu verzerrten Bewertungen von Nutzungssystemen und verleitet zu falschen Schlussfolgerungen.

Die Forderung ist also, so unterschiedliche Landschaftsfunktionen wie

- Land- und forstwirtschaftliche Produktion
- Lebensraum für landschaftstypische bzw. besonders schützenswerte Flora und Fauna
- Trinkwassererzeugung
- Hochwasserschutz
- Rohstoffgewinnung
- Freizeit- und Erholung, Tourismus
- Aufnahme und Verwertung von organischen Siedlungsabfällen

in die Debatte um Funktionen von Agrarlandschaften einzubeziehen und Wechselwirkungen zwischen ihnen aufzuzeigen.

Material und Methoden

Es wird mit ITE^{2}M (Integrated Tools in Ecological and Economic Modelling) eine Methodik vorgestellt, die es u.a. gestattet, die Wirkung von Maßnahmen im Agrarbereich in Hinblick auf unterschiedliche Funktionen von Agrarlandschaften abzuschätzen und zu bewerten. Dieses Konzept wird im Sonderforschungsbereich 299 „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen" seit mehreren Jahren verfolgt und umgesetzt.

Mit Hilfe gekoppelter Modelle werden in ITE^{2}M die oben genannten Landschaftsfunktionen verschiedener Nutzungsformen (Acker, Grünland, Forst, Brache) und die Wirkungen veränderter Rahmenbedingungen regional differenziert abgebildet und bewertet. Im Verbund prognostizieren das bioökonomische Modell ProLand, das hydrologische Modell SWAT, mehrere Habitat- bzw. Biodiversitätsmodelle und das Bewertungs- und Politikanalyse-Modell (CHOICE) die *Nutzungsverteilung* und die damit

* Justus-Liebig-Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen

gekoppelten Landschaftsfunktionen in einem Betrachtungsgebiet (Abb. 1). Wesentlicher Bestandteil ist die Verwendung einer gemeinsamen Datenbasis, vor allem hinsichtlich der räumlichen Verteilung der natürlichen Standortbedingungen. Input- und Outputdaten der Modellläufe werden als GIS-Karten aufbereitet und visualisiert.

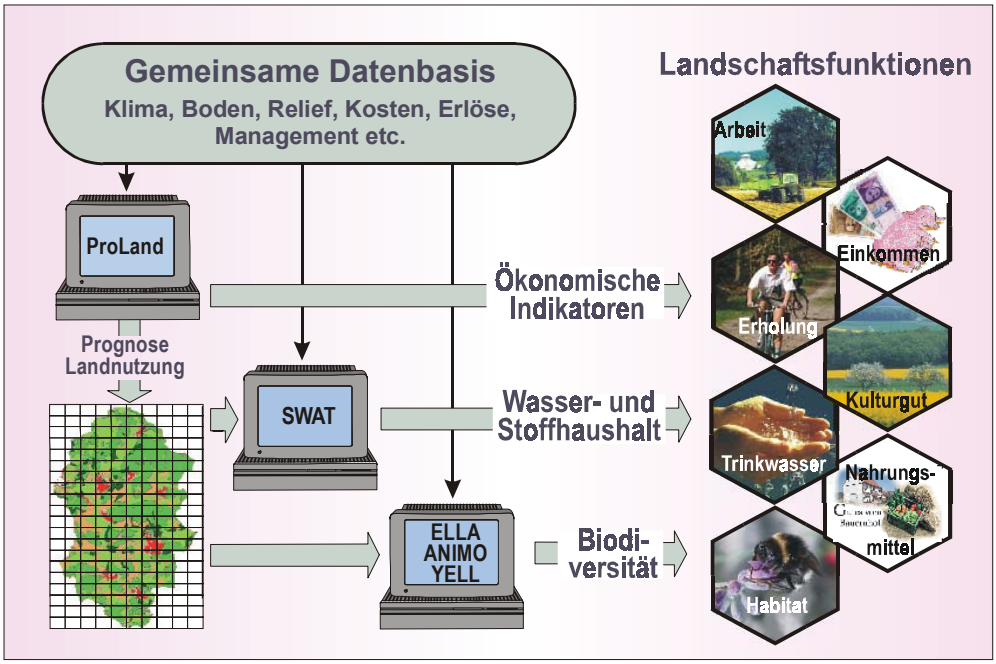


Abb. 1: Modellkoppelung in ITE^{2}M

Ergebnisse und Diskussion

ITE^{2}M wird zur Zeit anhand einer konkreten Beispielsregion – dem Lahn-Dill-Bergland, einer Mittelgebirgsregion in Hessen – entwickelt und überprüft. Die gekoppelten Modelle verwenden dabei jedoch eine Datengrundlage, die m.o.w. einheitlich für alle Regionen in Deutschland und – mit Einschränkungen – auch in allen Ländern der EU verfügbar ist. ITE^{2}M kann daher ohne größere Datenerhebungen oder Modellanpassungen auf beliebige andere Regionen angewendet werden.

Die Untersuchungsregion ist für unsere Fragestellungen in besonderem Maße geeignet, da dort der Rückgang der Landwirtschaft, der in Zukunft auch in anderen Landschaften verstärkt zu erwarten ist, bereits seit längerer Zeit eingetreten ist. Die Landwirtschaft ist von kleinbäuerlichen Strukturen geprägt: die mittlere Betriebsgröße beträgt nur rd. 18 ha LF, 78 % der Betriebe werden im Nebenerwerb geführt. Die mittlere Schlaggröße in der Region beträgt weniger als 0,7 ha. Die standörtlichen Bedingungen sind durch niedrige Temperaturen, hohe Niederschläge, steile Hanglagen und flachgründige Böden gekennzeichnet.

Erhebungen im Untersuchungsgebiet haben ergeben, dass durch eine Vergrößerung der Feldschläge die Produktionskosten in der Landwirtschaft erheblich gesenkt werden können. Dieser Befund veranlasste uns, mit ITE^{2}M für ein ca. 60 km^2 großes Einzugsgebiet ein Szenario zu berechnen, wie sich eine Vergrößerung der Feldschläge auf die verschiedenen Landschaftsfunktionen auswirkt (Abb. 2).

Am Anfang stand die Ermittlung des Mosaiks der unterschiedlichen Landnutzungsformen, die in einer Landschaft als Ergebnis der gegenwärtigen Rahmenbedingungen zu erwarten sind. Diese sind zur Zeit in etwa mit der durchschnittlichen Größe der Flurstücke von 0,5 ha realistisch wiedergegeben. Mit einer Vergrößerung der Flurstücke ist ein erheblicher Nutzungswandel verbunden, der im wesentlichen damit

zu erklären ist, dass verschiedene Grünlandnutzungsformen im Vergleich zum Wald wirtschaftlicher werden, gemessen an der Grundrente (Bodenrente). Die Rentabilität des Ackerbaus wird dagegen durch eine Vergrößerung der Schläge weniger stark erhöht. Somit beschränkt sich die Ausweitung des Ackerbaus bei zunehmender Feldgröße weitgehend auf die Tallagen. Es ist anzumerken, dass in dem hier vorgestellten Szenario die Forstflächen vollständig für eine Nutzungsänderung freigegeben wurde, was – mit Einschränkung – sicherlich nur langfristig realistisch ist. Zur Zeit werden jedoch auch Berechnungen durchgeführt, in denen der Waldanteil konstant gehalten wird.

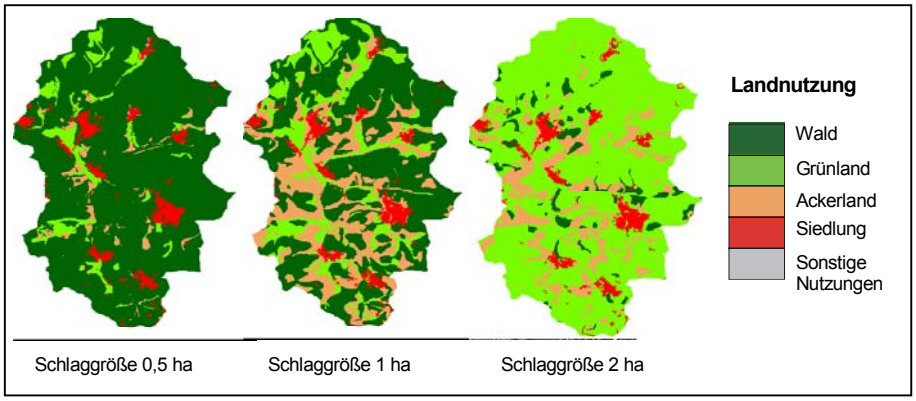


Abb. 2: Veränderung der Landnutzung bei Zunahme der mittleren Schlaggröße der Landwirtschaftsflächen (ProLand-Szenariorechnung, Aar-Gebiet; n. MÖLLER et al. 2002)

Mit dem Nutzungswandel, bedingt durch die Flurstücksvergrößerung, sind Veränderungen der einzelnen Landschaftsfunktionen verbunden: In dem Umfang, wie die Agrarproduktion zunimmt, nimmt die Holzproduktion ab (Abb. 3a). Die Wertschöpfung aus der Landnutzung nimmt für die Gesamtregion zu, ebenso die Anzahl der Beschäftigten (Abb. 3b). Diese Änderungen sind erheblich. Die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt sind dagegen gering. Die Grundwasserneubildung steigt geringfügig an und der Direktabfluss – als Maß für die nutzungsbedingte Hochwassergefährdung – steigt nur unmerklich an (Abb. 3c). Die regionale Artenvielfalt, hier ausgedrückt als floristische γ-Diversität, reagiert auf eine Flurstücksvergrößerung zunächst mit einer deutlichen Zunahme und nimmt danach mit einem ebenso ausgeprägten Verlauf wieder ab.

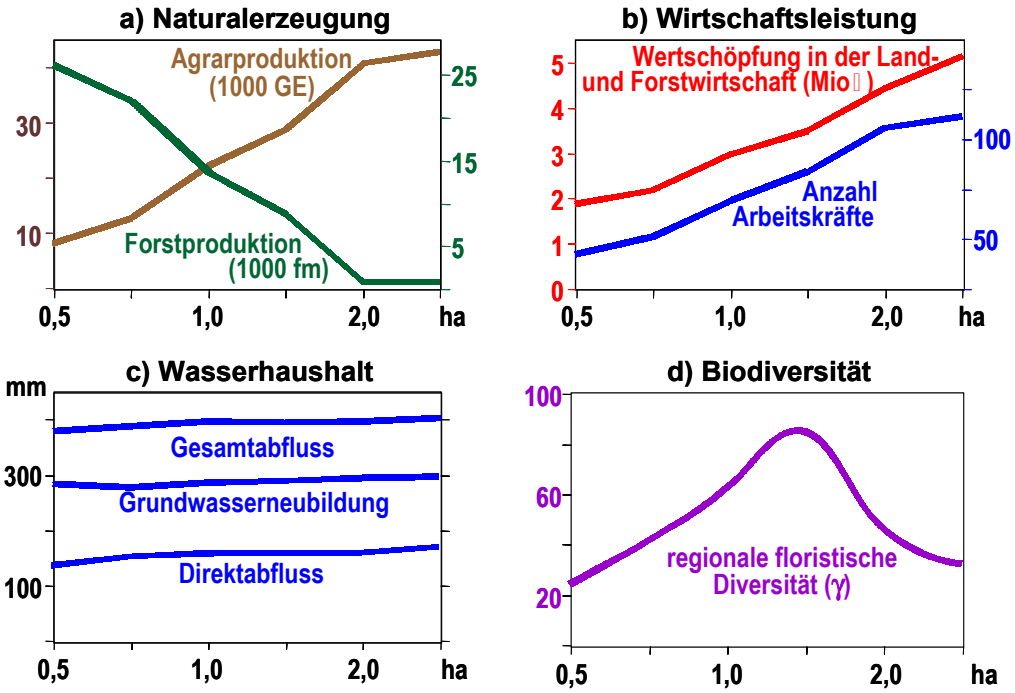


Abb. 3: Veränderung verschiedener Landschaftsfunktionen bei Landnutzungsänderungen infolge zunehmender Schlaggröße (Aar-Gebiet; n. MÖLLER et al. 2002). (a) Naturalproduktion, (b) Wirtschaftsleistung, (c) Wasserhaushalt, (d) Biodiversität

Aus den Reaktionen einzelner Indikatoren für Landschaftsfunktionen auf eine Veränderung der Landnutzung lassen sich schließlich Transformationsbeziehungen (trade offs) zwischen verschiedenen Landschaftsfunktionen ableiten. Transformationsbeziehungen haben eine Schlüsselstellung für die Planung und Bewertung der relativen Vorzüglichkeit von Handlungsalternativen, mit denen auf die Rahmenbedingungen Einfluss genommen wird. Ein Beispiel gibt Abb. 4, in dem die Beziehung zwischen der Wertschöpfung in der Region und der regionalen floristischen Artenvielfalt dargestellt ist – also eine Beziehung zwischen einer am Markt gehandelten und einer nicht am Markt gehandelten Größe. Das Beispiel zeigt im Bereich geringer Wertschöpfung zunächst Zielharmonie zwischen der ökologischen und der ökonomischen Landschaftsfunktion, eine typische win-win-Situation. Ab einem gewissen Punkt kehrt sich der Zusammenhang aber ins Gegenteil um, ein Mehr an landwirtschaftlicher Wertschöpfung ist dann mit einem Verlust an floristischer Vielfalt verbunden.

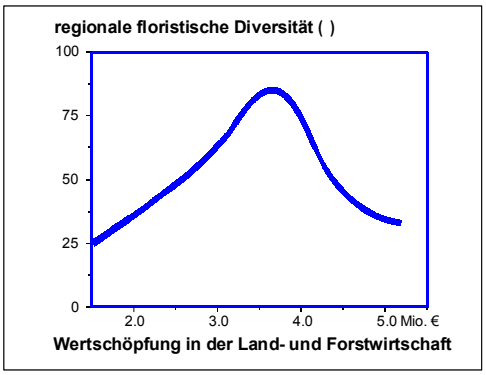


Abb. 4: Trade off-Beziehung zwischen einer ökonomischen (regionale Wertschöpfung in der Land- und Forstwirtschaft) und einer ökologischen (floristische Artenvielfalt in der Region) Landschaftsfunktion (Aar-Gebiet)

Insgesamt betrachten wir im SFB 299 die Entwicklung von derartigen Transformationsbeziehungen als einen entscheidenden Fortschritt auf dem Weg zur Beantwortung der Frage, wo „nutzenmaximierende“ Kompromisse der Landnutzung liegen könnten.

Weitere Beispiele werden vorgestellt.

Zusammenfassung

Jedes Landnutzungssystem ist mit spezifischen – abiotischen, biotischen und sozialen – Funktionen gekoppelt, d.h. jede Form der Landnutzung erzeugt öffentliche und private Güter.

Mit ITE^{2}M (Integrated Tools in Ecological and Economic Modelling) wird eine Methodik vorgestellt, die es u.a. gestattet, vielfältigen Funktionen einer Landnutzung abzubilden und die Wirkung von Maßnahmen im Agrarbereich abzuschätzen und zu bewerten. Durch Kopplung eines ökonomischen Modells mit einem hydrologischen und einem ökologischen Modell wird es möglich, den Einfluss der Landnutzung und der Landnutzungsänderung auf verschiedene Landschaftsfunktionen darzustellen und Wechselwirkungen zwischen ökologischen und ökonomischen Funktionen (trade off-Beziehungen) aufzuzeigen. Dieses Konzept wird im Sonderforschungsbereich 299 „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ seit mehreren Jahren verfolgt und umgesetzt. Die Arbeitsweise von ITE^{2}M wird am Beispiel einer Mittelgebirgsregion dargelegt.

Literatur

Zusammenfassende Literatur ist zu finden unter :

Multifunktionalität der Landnutzung im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 299. Themenheft. Berichte über Landwirtschaft , 80 (3)321 – 484

Weitere Veröffentlichungen finden sich unter: http://www.uni-giessen.de/sfb299

Danksagung

Die vorgestellten Untersuchungen wurden im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 299 mit großzügiger Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft ermöglicht.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 10–15 (2003)

Pflanzenbauliche Forschung zur Qualitätssicherung von Nahrungs- und Industriepflanzen

B. Honermeier*

Einleitung

Die Qualität eines pflanzlichen Rohstoffes oder Produktes wird durch mehrere Aspekte bestimmt. Generell zählen dazu der Gebrauchswert (z. B. Back-, Malz-, Ethanol- und Futtergetreide), der ernährungsphysiologische Wert (z. B. Nährwert, essentielle Stoffe, Ballaststoffe), die toxikologisch-hygienische Qualität (z. B. Gehalt an Mykotoxinen und Schwermetallen) und die sensorische Qualität (z. B. Farbe, Geruch, Konsistenz). Darüber hinaus wird die Qualität eines pflanzlichen Produktes auch durch den ökologischen Wert (z. B. Landbaumethode) sowie durch psychologisch-soziale und politisch-ökonomische Aspekte beeinflusst. In den letzten Jahren hat sich der Qualitätsbegriff stark gewandelt. Während vor einigen Jahrzehnten nahezu ausschließlich das Produkt im Mittelpunkt der Qualitätsbetrachtung stand, wird der Qualitätsbegriff heute eher kunden- und marktorientiert definiert (HÖHN 1997). Für alle Qualitätsmerkmale einer Kulturpflanze müssten Normen und Richtwerte festgelegt werden, deren Einhaltung über die Qualität entscheidet. Allerdings können nicht alle Qualitätsmerkmale normiert oder gemessen werden. Für die meisten Nutzpflanzen (z. B. Nahrungsgetreidearten, Ölpflanzen, Speisekartoffeln, Gemüsearten, Gewürzpflanzen, Arzneipflanzen) sind jedoch entsprechende Richtwerte für die Ausprägung innerer und äußerer Qualitätsmerkmale bekannt. Die Einhaltung dieser Richtwerte ist für den Absatz und die Rentabilität des jeweiligen Betriebes sowie für das Image der Landwirtschaft generell von entscheidender Bedeutung.

In dem vorliegenden Beitrag wird über den Stand pflanzenbaulicher Forschung zur Qualitätsbeeinflussung und –sicherung von Nutzpflanzen berichtet. Aus der großen Fülle der landwirtschaftlich genutzten Pflanzenarten werden als Beispiele die Arznei- und Gewürzpflanzen sowie als typische Rohstoffpflanzen für die Non-Food-Anwendung die Faserpflanzen herausgegriffen. Beide Pflanzengruppen sind Gegenstand intensiver pflanzenbaulicher Forschung zur Optimierung der Erträge und der Qualität der jeweiligen Ernteprodukte.

Arznei- und Gewürzpflanzen

Die Qualitätsanforderungen, die an Arznei- und Gewürzpflanzen gestellt werden, sind z. T. höher und vielfältiger als das bei klassischen Nahrungspflanzen der Fall ist. Die Gründe für diese Unterschiede liegen in rechtlichen Aspekten der Zulassung und Vermarktung. Während Lebensmittel überwiegend der Ernährung und/oder dem Genuss dienen und ohne vorherige behördliche Überprüfung vermarktet werden dürfen, erfüllen Arzneipflanzen bzw. Arzneimittel prophylaktische oder therapeutische Zwekke und benötigen nach dem Arzneimittelgesetz eine Zulassung durch die Bundesoberbehörde (STEINHOFF 2001). Daraus ergeben sich grundlegende Konsequenzen für Zulassungs- und Qualitätsanforderungen. So muss beim Antrag auf Zulassung eines pflanzlichen Arzneimittels an das BfArM durch das jeweilige Unternehmen der Nachweis der pharmazeutischen Qualität, der Unbedenklichkeit und der Wirksamkeit

* Prof. Dr. Bernd Honermeier, Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen, Bernd.Honermeier@agrar.uni-giessen.de, www.pflanzenbau-giessen.de

des Produktes geführt werden. Die Anforderungen an die pharmazeutische Qualität eines pflanzlichen Arzneimittels sind im Deutschen Arzneibuch (DAB) sowie im Europäischen Arzneibuch (Ph. Eur.) festgelegt. Zusätzlich zu den hier enthaltenen Monografien existieren nationale Arzneimittel-Prüfrichtlinien sowie europäische Leitlinien („Quality of Herbal Medicinal Products“) der europäischen Arzneimittelzulassungsbehörde EMEA, in denen Hinweise zur Erstellung von Qualitätsdossiers unter besonderer Berücksichtigung pflanzlicher Arzneimittelrohstoffe gegeben werden. Außerdem werden Anforderungen an die mikrobielle Reinheit, an Höchstwerte für Pflanzenschutzmittel-Rückstände, Aflatoxin- und Schwermetallgehalte sowie an weitere Kontaminationen (z. B. Radioaktivität, Ethylenoxid) gestellt. Als weitere Elemente der Qualitätssicherung im Arzneipflanzenanbau gelten heute die Einhaltung von GAP- und GMP-Leitlinien sowie die Erstellung einer Auditierung des gesamten Produktionsverfahrens.

Der pflanzenbaulichen Forschung kommt bei der Sicherung einer einheitlichen und hohen Rohstoffqualität zur Herstellung von Phytopharmaka eine besondere Bedeutung zu. Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass einige Arzneipflanzen (insbesondere importierte Rohstoffe) mit einem Anteil von etwa 70 % der Gesamtmenge nach wie vor durch Wildpflanzensammlungen gewonnen werden (FREUDENSTEIN 1997) und daher einer großen Variabilität hinsichtlich der Drogenqualität unterliegen. Die Evaluierung und Inkulturnahme von Arzneipflanzen ist daher Gegenstand pflanzenbaulicher Forschungsarbeit (s. Tab. 1).

Tab. 1: Beispiele für die Ablösung von Wildsammlungen durch Inkulturnahme (kontrollierter Anbau) von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland in den Jahren 1990 – 2000 (PLESCHER 1997, ergänzt)

Art		Droge	Wirkstoffe
Deutscher Name	Botanischer Name		
Pestwurz	*Petasites hybridus*	Blätter, Wurzel	Petasine
Nachtkerze	*Oenothera biennis*	Samen	γ-Linolensäure
Quecke	*Agropyron repens*	Rhizome	Schleimstoffe, Saponine
Große Brennnessel	*Urtica dioica*	Kraut, Wurzel, Samen	Flavonoide, Beta-Sitosterin, Gerbstoffe
Tausendgüldenkraut	*Centaurium erythraea*	Kraut	Bitterstoffglykoside
Sonnentau	*Drosera rotundifolie*	Kraut	Flavonoide, Naphthochinonderivate
Ginseng	*Panax pseudoginseng*	Wurzel	Ätherisches Öl, Ginsengoide
Weißdorn (Eingriffeliger)	*Crataegus monogyna*	Blüten, Blätter, Früchte	Flavonoide, oligomere Procyanidine
Adonisröschen	*Adonis vernalis*	Kraut	Glykoside
Mutterkraut	*Chrysanthemum partenium*	Kraut, Blüten	Ätherisches Öl (Thujon), Bitterstoffe
Bergwohlverleih	*Arnica montana*	Blüten	Ätherisches Öl, Flavonoide, Cholin
Echte Goldrute	*Solidago virgaurea*	Kraut	Ätherisches Öl, Saponine, Flavonoide

Neben den in Tab. 1 genannten Pflanzenarten werden gegenwärtig weitere Versuche und Projekte zur Inkulturnahme von Arzneipflanzen wie *Borago officinalis, Cimifuga racemosa* und *Leontopodium alpinum* sowie von verschiedenen chinesischen Heilpflanzen (z. B. *Arnica dahurica, Astragalus membranaceus, Prunella vulgaris, Tribulus terrestris, Scutellaria baicalensis*) durchgeführt (BOMME 2002, CERGEL et al. 2001, REY 2000).

In Deutschland werden die meisten Arzneipflanzen jedoch kultiviert, wobei nur bei wenigen Pflanzenarten (z. B. Kamille, Pfefferminze, Baldrian, Medizinal-Lein, Majoran, Fenchel, Echinacea-Arten, Johanniskraut) relativ gut entwickelte Anbauverfahren existieren. Bei vielen Pflanzenarten sind nach wie vor grundlegende produktionstechnische Fragen z. B. zur Saatzeit, Bestandesdichte, Unkrautbekämpfung, Nährstoffversorgung und Erntezeit im Hinblick auf die Optimierung von Drogenertrag und –qualität zu lösen.

Die Wirkstoffgehalte der meisten Arzneipflanzen unterliegen in Abhängigkeit von Genotyp, Provenienz und Produktionsbedingungen einer hohen Variabilität. Als Beispiele für eine hohe Spannweite der Wirkstoffgehalte seien genannt: die Petasingehalte von 6,8 bis 34,9 mg/g in den Rhizomen von *Petasitis hybridus*, die Gehalte an ätherischem Öl von 0,3 bis 2,0 % im Kraut von *Hyssopus officinalis*, die Gehalte an γ-Linolensäure von 9 bis 38 % in den Samen von *Borago officinalis* oder die CCS-Gehalte von 2,7 bis 11,5 % in den Blättern von *Cynara scolymus* (BAIER 2003, KNIPP et al. 2002, Cergel et al. 2001, NEMETH et al. 2001, CHIZZOLA & OZLSBERGER 2000). Die Ursachen für diese Variabilität der Inhaltsstoffe sind nur z. T. bekannt. Generell können folgende Einflussfaktoren genannt werden, die für Arzneipflanzen qualitätsbestimmend sein können (FRANZ 2001):

- genetische Ausstattung
- morphologische Variabilität
- ontogenetische Variabilität
- Modifikation durch Umweltbedingungen
- Agronomische Maßnahmen
- Ernte und Nachernte sowie
- Lagerung und Verarbeitung.

Die Bedeutung pflanzenbaulicher Maßnahmen für die Beeinflussung der Wirkstoffgehalte bei Arznei- und Gewürzpflanzen ist bei verschiedenen Pflanzenarten bereits nachgewiesen (vgl. Tab. 1).

Tab. 2: In Feldversuchen nachgewiesene Einflussfaktoren auf die Wirkstoffgehalte bei ausgewählten Arzneipflanzen (HONERMEIER & WAGENBRETH 2000, EL HAFID et al. 2002, CERGEL & HONERMEIER 2003, MIKUS-PLESCHER et al. 2003, WAGENBRETH et al. 1996)

Wirkstoffe	Pflanzenart	Einflussfaktoren
Rutin, Quercitrin, Quercetin	*Fagopyrum esculentum*	Pflanzenorgan, Lichtangebot, N-Düngung, Erntetermin
γ-Linolensäure	*Borago officinalis*	Lufttemperatur, Erntetermin, N-Düngung
Glucotropaeolin	*Tropaeolum majus*	Physiologisches Alter, Pflanzenorgan, Schnitthöhe, Erntetermin
CCS-Verbindungen	*Cynara scolymus*	Physiologische Alter, Blattposition, Blattmorphologie, Erntetermin, N-Düngung

So ist belegt, dass die Gehalte an phenolischen Verbindungen beim Buchweizen (Rutin) und bei der Artischocke (Caffeoylchinasäuren) durch die Ontogenese, durch die Morphologie der Pflanze (Organ, Blattstruktur), durch das Lichtangebot oder auch durch die N-Düngung beeinflusst werden kann. Experimentelle Befunde für die Bedeutung der Ontogenese für die pharmazeutische Qualität von Arzneipflanzenarten liegen auch für andere Arzneipflanzen (z. B. Pfefferminze, Johanniskraut, Kamille) vor. Diese Ergebnisse sind die Voraussetzung für artenspezifische Empfehlungen zum Erntetermin der jeweiligen Droge.

Arznei- und Gewürzpflanzen sind auch im ökologischen Landbau verbreitet. Hier wird mittlerweile fast das gesamte Kräuterspektrum kultiviert. Angebaut werden vor allem Echte Kamille, Pfefferminze, Melisse, Weide und Sonnenhut-Arten wie auch Küchenkräuter (Petersilie, Schnittlauch, Dill, Ysop u. a.) und die Körnerdrogenpflanzen Fenchel, Anis, Kümmel und Koriander (FRANKE & DEHE 2003). Die pharmazeutische Qualität der meisten Arten, die mit dieser Landbaumethode erzeugt werden, wird als gut eingeschätzt. Zu lösen sind jedoch einige Anbauprobleme, die zur Verringerung der Drogenerträge und auch zur Verschlechterung der Drogenqualität (z. B. Besatzwerte > 2 %) führen können. Es besteht daher für den Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen im ökologischen Landbau erheblicher pflanzenbaulicher Forschungsbedarf auf den Gebieten der Unkrautregulierung, der Nährstoffzufuhr sowie der Pflanzenstärkung bzw. Schaderregerabwehr.

Faserpflanzen

Bei Faserpflanzen liegt der Schwerpunkt pflanzenbaulicher Forschung bei den traditionell kultivierten Bastfaserpflanzen Lein (*Linum usitatissimum*) und Hanf (*Cannabis sativa*). Daneben wurden in den letzten Jahren auch Anbauversuche und Qualitätsuntersuchungen mit der Fasernessel (*Urtica dioica*) durchgeführt (LEHNE et al. 2001, VON FRANCKEN-WELZ 2000, SCHMIDTKE et al. 1998). Die Fasergehalte und Fasererträge nehmen bei diesen Faserpflanzen in der Reihenfolge Faserhanf > Faserlein > Fasernessel ab. Die Qualitätsanforderungen sind bei diesen Kulturpflanzen primär von der Verwendung der Faser (z. B. zur Herstellung von Verbundwerkstoffen, Textilien, Dämmstoffen) abhängig. Die Sicherung einer verwendungsspezifischen Qualität stellt bei Faserpflanzen eine große Herausforderung an die pflanzenbauliche und verarbeitungstechnologische Forschung dar, da die im Rindengewebe lokalisierten Fasern einer hohen morphologischen Variabilität in Abhängigkeit von Genotyp, Umweltfaktoren und agronomischen Maßnahmen sowie Ernte- und Aufbereitungsmethoden unterliegen. Nach bisherigen Kenntnissen sind folgende histologische Merkmale für die Ausprägung der Faserqualität von Bedeutung:

- Verhältnis von Primär- und Sekundärfaserzellschichten im Rindengewebe der Sprossachse,
- Struktur der Faserbündel,
- Länge und Form der Elementarfasern,
- Dicke der Zellwände (insbes. der Sekundärwand) bzw. Anteil des Zelllumens an der Faserzellfläche,
- Struktur der Primär- und Sekundärwände der Elementarfaser: Anzahl und Neigung der Zellulosefibrillen zur Faserachse,
- Pektingehalt der Mittellamelle der Elementarfaser sowie
- Anteil an Pektinen, Hemizellulosen und Lignin im Gewebe der Sprossachse.

Aus Analysen zur Histologie des Sprossachsenquerschnittes lassen sich somit gewisse Schlüsse zur Faserqualität ableiten. So sind gute mechanische Fasereigen-

schaften, ungeachtet der spezifischen Verwendung, generell bei folgenden Merkmalen zu erwarten: geschlossene und ovale Primärfaserbündel, geringer Anteil an Sekundärfasern, polygonale Form der Elementarfaser, dicke Sekundärzellwände und geringe Zelllumenfläche der Elementarfaserzellen (SCHÄFER & HONERMEIER 2003, KESSLER et al. 1988). Für eine genaue Prognose der zu erwartenden Faserqualität sind histologische Analysen des Sprossachsenquerschnittes jedoch nicht ausreichend. Vor allem auch deshalb, da sich die Fasereigenschaften während des Aufschluss- und Aufbereitungsprozesses weiter verändern können.

Gut untersucht sind beim Faserlein und Faserhanf die Einflüsse agronomischer Maßnahmen (inkl. der Erntemethode) auf die Faserqualität. So bewirkt die Erhöhung der Bestandesdichte bei beiden Pflanzenarten eine Verringerung der Sprossachsendurchmesser und der Entholzungseigenschaften. Die mechanischen Eigenschaften der Fasern (Höchstzugkraft, feinheitsbezogene Höchstzugkraft, E-Modul) werden dagegen bei höherer Bestandesdichte verbessert (VON FRANCKEN-WELZ 2000). Zunehmende Stickstoffdosierung führt zur Vergrößerung des Sprossachsendurchmessers, zur Verringerung der Fasergehalte und zur Verschlechterung der mechanischen Fasereigenschaften. Weitere Einflüsse besitzen die Faktoren Standort (Bodenbonität, Witterung), Sorte, Saatzeit, Herbizidapplikation, Beregnung, Reifegrad und Erntemethode (Röstmethode, Erntetermin, Erntetechnik) (DRIELING 1999, GRIMM et al. 2002, SCHÄFER & HONERMEIER 2003). Von den vorgenannten Maßnahmen scheint die Erntemethode den größten Einfluss auf die Faserqualität zu haben. Hier sind u. a. der Ernte- bzw. Reifetermin und bei Anwendung der klassischen Tauröste auch der Röstverlauf zu beachten. Bei zunehmender Röste ist beim Hanf mit einer Verringerung der Faserfeinheit und mit einer spezifischen Veränderung der Zugfestigkeit bzw. der Höchstzugkraftdehnung zu rechnen (SCHURIG-KOCUREK et al. 2002). Zur Homogenisierung der Faserqualität sowie zur Verbesserung der Produktivität wurden in den vergangenen Jahren verschiedene alternative Ernte- und Aufschlussverfahren im Vergleich zur klassischen Tauröste entwickelt. Dazu zählen der chemische Aufschluss (Behandlung mit Hitze, Säuren, Laugen, Tensidverfahren), der mechanische Aufschluss (mobile oder stationäre Entholzung), der physikalische Aufschluss (Hochfrequenz- und Dampfdruckbehandlung) und biologische Aufschlussverfahren (mikrobieller und enzymatischer Aufschluss). Mit diesen Verfahren kann das wetterabhängige Risiko der Tauröste verringert werden.

Schlussfolgerungen

Die pflanzenbauliche Forschung spielt eine bedeutende Rolle bei der Qualitätssicherung der Rohstoffproduktion von Nahrungs- und Industriepflanzen. Trotz zahlreich vorliegender Untersuchungsergebnisse besteht auch zukünftig auf diesem Gebiet ein hoher Forschungsbedarf. Bei Arznei- und Gewürzpflanzen sind Arbeiten zu Inkulturnahme „neuer“ Arten, zur Optimierung von Anbauverfahren bei etablierten Arten sowie zur Aufklärung möglicher Interaktionen zwischen Anbaumaßnahmen und Drogenqualität durchzuführen. Bei Faserpflanzen sind vor allem die möglichen Zusammenhänge, die zwischen Rohstoffqualität und Produktqualität bestehen, zu klären. Daneben ist die Entwicklung von Analysenmethoden zur schnellen und kostengünstigen Bestimmung der Faserqualität beim Verarbeiter für die Optimierung der Faser- und Produktqualität von Bedeutung.

Literatur

Baier, Ch., 2003: Biologische und pflanzenbauliche Untersuchungen an der Arzneipflanze Artischocke (*Cynara* sp. L.), Teil 1, Drogenreport, 16, 29, 40-42.

Bomme, U., 2002: Feldanbau chinesicher Heilpflanzen wird erstmalig in Deutschland systematisch untersucht. Erste Ergebnisse aus Anbauversuchen, Z. Arznei- und Gewürzpflanzen, 7, (1), 41-45.

Cergel, S., Weinbrenner, G., Knipp, G. & B. Honermeier (2001): Untersuchungen zur Variabilität der Fettsäurenzusammensetzung im Samenöl von *Borago officinalis* L., DGQ, 34, 153-158.

Cergel, S. & B. Honermeier, 2003: Untersuchungen zum Einfluss der Lufttemperatur und N-Ernährung auf Kornbildung, Ölgehalt und Fettsäurenzusammensetzung der Samen von Borretsch (*Borago officinalis* L.), Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., i. D.

Chizzola, R. & B. Ozlsberger, 2000: Untersuchungen zur natürlichen Variabilität der Inhaltsstoff der Pestwurz (*Petasites hybridus*), Z. Arznei- u. Gew.-pfl., 5, ¾, 168-172.

Drieling, A., 1999: Probleme bei der Charakterisierung von Festigkeit, Feinheit und Länge von Bastfasern unter Berücksichtigung verschiedener Aufschlussverfahren, Abschlussbericht, Faserinstitut Bremen e. V.

El Hafid, r., Blade, S.F. & Y. Hoyano, 2002: Seeding date and nitrogen fertilization effects on the performance of borage (*Borago officinalis* L.), Industrial Crops and Products 16, 193-199.

Franke, R. & M. Dehe, 2003: Ökologischer Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland – Stand und Probleme, Z. Arznei- und Gewürzpflanzen, 8 (1), 17-26.

Franz, Ch., 2001: Qualitätssicherung von Heil- und Gewürzpflanzen, 36. Tagung der DGQ, 15-24.

Freudenstein, J., 1997: Marktstrukturen und Anbauumfang, Chancen und Möglichkeiten der Etablierung und Erweiterung des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen unter den gegebenen Rahmenbedingungen, Gülzower Fachgespräche Arznei- und Gewürzpflanzen, FNR Gülzow, 22- 37.

Grimm, E., Rennebaum, H., Naumenko, V. & W. Diepenbrock, 2002: Pflanzenfasern in Compositen – Qualität des Rohstoffs, Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 14, 52-53.

Honermeier, B. & D. Wagenbreth, 2000: Pflanzenbauliche Untersuchungen zur Eignung des Buchweizens (*Fagopyrum esculentum* MOENCH) für die diätetische und pharmazeutische Nutzung, Z. Arnei- und Gewürzpflanzen, 5, 154-159.

Höhn, E., 1997: Der Qualitätsbegriff und die Qualitätsbeurteilung, 32. Vortragstagung der DGQ, 15-26.

Kessler, R.W., Blum, A. & G. Werner, 1988: Entwicklung objektiver Qualitätskriterien für Flachs, Teil 1: Chemische und morphologische Untersuchungen, Melliand Textilberichte, 854-858.

Knipp, G., Malko, A.., Marquard, R. & B. Honermeier, 2002: Variabilität des Fettsäuremusters bei *Borago officinalis* L.. als Grundlage zur Verbesserung der Ölqualität, Pflanzenbauwiss., 6 (2), 72-77.

Lehne, P., Schmidtke, K. & R. Rauber, 2001: Ertrag von Fasernesseln im ökologischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 13, 158-159.

Mikus-Plescher, B., Goos, K.-H. & A. Plescher, 2003: Qualitätsbeeinflussende Faktoren im Anbau und in der Verarbeitung von Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus* L.), Z. Arz.- und Gew.-pfl., 8, 2, 61-67.

Nemeth, E., Varga, E. & R. Franke, 2001: Variabilität des ätherischen Ölgehaltes und deren Ursachen in Hyssopus officinalis L., Z. Arznei- und Gewürzpflanzen, 6, 1, 29-34

Plescher, A., 1997: Ablösung der Wildsammlung durch Inkulturnahme von Arzneipflanzen in Deutschland, Gülzower Fachgespräche, Arznei- und Gewürzpflanzen, 38-50.

Schäfer, T. & B. Honermeier, 2003: Untersuchungen zum Einfluss des Erntetermins auf den Biomasse- und Faserertrag sowie auf die Zellstruktur der Sprossachsen von Faserhanf (*Cannabis sativa* L.), Pflanzenbauwiss., i. D.

Rey, Ch., 2000: Erste Resultate der Inkulturnahme und der Inhaltsstoffanalysen von Edelweiss (*Leontopodium alpinum* Cass.), Z. Arznei- und Gewürzpflanzen, 5, 1, 12-19.

Schmidtke, K., Rauber, R. & K. Köhler, 1998: Ertragsbildung von Fasernesseln (*Urtica dioica* L.), Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 11, 107-108.

Steinhoff, B., 2001: Rechtliche Rahmenbedingungen für das Inverkehrbringen pflanzlicher Arzneimittel, 36. Vortragstagung der DGQ, 1-8

Schurig-Kocurek, D., Rennebaum, H., Grimm, E. & W. Diepenbrock, 2002: Einfluss der Röste auf die Fasereigenschaften von Hanf (*Cannabis sativa* L.), Miit. Ges. Pflanzenbauwiss., 14, 275-276.

Von Francken-Welz, H., 2000: Vergleichende Bewertung der Leistungspotenziale und Faserqualität verschiedener Faserpflanzen und Entwicklung von umweltverträglichen Anbauverfahren zur Produktion von qualitativ hochwertigen Industriefasern, Forschungsberichte, Heft Nr. 82, Institut für Pflanzenbau der RhFW-Universität Bonn.

Wagenbreth, D., Grün, M., Wagenbreth, A.-N. & T. Wegener, 1996: Artischocke – Qualitätsdroge aus Arzneipflanzenanbau, Deutsche Apothekerzeitung, 136, 43, 9 S.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 16–22 (2003)

Qualitativ wertvolle pflanzliche Erzeugnisse als Ergebnis wissenschaftlicher Pflanzenzüchtung

W. Friedt und W. Lühs*

Einleitung

Hauptbestandteile unserer Nahrung neben Eiweiß und Kohlenhydraten sind die Neutralfette. Der Pro-Kopf-Verbrauch für Speisezwecke ist stetig angestiegen und beträgt in Deutschland annähernd 30 Kilogramm. Aufgrund ihres hohen physiologischen Brennwertes (1 g Fett ≡ 38 kJ bzw. 9,3 kcal), der mehr als doppelt so hoch ist wie der von Eiweiß oder Kohlenhydraten, haben die **Nahrungsfette** eine wichtige Funktion als Energieträger (vgl. Lühs & Friedt, 2003). In der Produktion von Ölsaaten ist neben hohem Kornertrag, hinreichender Ertragssicherheit und weiteren agronomischen Eigenschaften – die vorrangig über die Anbauwürdigkeit einer Sorte entscheiden – die innere Qualität ganz entscheidend für die Vermarktung des Erntegutes, so dass in der Ölpflanzenzüchtung nach wie vor das Ziel verfolgt wird, die Rohstoffe den Wünschen der Verbraucher und der Industrie nach einer "maßgeschneiderten" Inhaltsstoff-Zusammensetzung anzupassen.

Stand und Perspektiven der Züchtungsforschung

Durch die effektive züchterische Beeinflussung der Inhaltsstoff-Zusammensetzung konnten in jüngerer Zeit neue **Qualitätsanforderungen** erfüllt oder aufgrund neuartiger Qualitätseigenschaften sogar neue Verwendungsmöglichkeiten für etablierte landwirtschaftliche Erzeugnisse erschlossen werden. Ein eindrucksvolles Beispiel für erfolgreiche Qualitätszüchtung ist der Körnerölraps, bei dem durch eine drastische Reduktion des Erucasäure-Gehaltes im Öl und des Glucosinolat-Gehaltes im proteinreichen Schrot eine breite Verwendung als Nahrungs- bzw. Futtermittel-Rohstoff als Voraussetzung für die Anbauausdehnung dieser heimischen Ölpflanze erst ermöglicht wurde. Sowohl die Produktqualität als auch der Ertrag sind im Rahmen der physiologischen Leistungsfähigkeit der jeweiligen Kulturart optimierbar. Obwohl der erzielte Qualitätsfortschritt zunächst häufig mit einer Abnahme der Quantität verbunden ist, wurden definitive Begrenzungen bisher nur in Ausnahmefällen (z.B. ertragreiche "High lysine"-Getreideformen oder stärkeertragreiche Markerbsen) festgestellt. In der Regel konnte durch eine fortgesetzte Rückkreuzung und Auslese die hohe Ertragsfähigkeit, die zunächst nur unter Verzicht auf hohe Qualität erreichbar schien, dann auch in Form neugezüchteter Qualitätssorten realisiert werden, so dass die Kombination beider Merkmalskomplexe zwar schwierig aber sehr wohl möglich ist. Letztlich ist festzustellen, dass die Qualitätszüchtung den Ertragszuwachs bisher offenbar nur verzögert hat, weil sich mit zunehmender Anzahl von Selektionskriterien der Züchtungsfortschritt zwangsläufig verlangsamt.

Dies gilt auch für die Züchtung neuer Sorten unter Nutzung moderner Methoden der **Bio- und Gentechnologie**. Die genetische Transformation einer Qualitäts- oder Resistenzeigenschaft wird auch hier zunächst zu einer gewissen Verzögerung des Zuchtfortschrittes bzgl. der Ertragsleistung führen. Aber die Einführung einer neuen Krankheits- oder Schädlingsresistenz, die auf konventionellem Wege bisher nicht

* Prof. Dr. Dr. h.c. Wolfgang Friedt, Dr. Wilfried W. Lühs, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen, e-mail: wolfgang.friedt@agrar.uni-giessen.de, http://www.plantbreeding-giessen.de/

möglich gewesen wäre, kann nach erfolgreicher Rückkreuzung aufgrund einer Verbesserung der Ertragssicherheit sogar zu einer drastischen Leistungssteigerung im Zuchtmaterial führen. Bei neu eingeführten Qualitätseigenschaften würde ein gewisser Ertragsnachteil durch die höhere Wertschöpfung des Ernteprodukts (z.B. wertvoller Inhaltsstoff) kompensiert, so dass auch hier bei der gentechnisch veränderten Sorte ein höherer landeskultureller Wert gegeben wäre.

Der **Ölgehalt** ist heute – neben dem Wassergehalt und dem Besatz – die wichtigste Grundlage für die Vergütung der Rapssaat an den Landwirt. Aus diesem Grund wird der Steigerung des Ölgehaltes bei der züchterischen Verbesserung des Rapses stets eine große Bedeutung beigemessen, und bereits früh wurden genetische Analysen des Merkmals Ölgehalt vorgenommen. Der Ölgehalt von 00-Winterraps liegt im Mittel bei 40-44% (%TS), in ölreichen Sorten werden 46-48% erreicht, und als Zuchtziel sind 48-50% anzusehen. Eine durch züchterische Bearbeitung geschaffene Variation des **Fettsäuremusters** weisen kommerziell genutzte Ölsaaten, wie Raps (*Brassica napus*), Sonnenblume (*Helianthus annuus*), Lein (*Linum usitatissimum*) und Sojabohne (*Glycine max*) auf. Darüber hinaus stehen brauchbare, d.h. leistungsfähige und adaptierte Sorten für eine ökonomische Erzeugung zur Verfügung. Im Vergleich zu der Vielfalt ölhaltiger Pflanzen sind derzeit aber nur wenige Arten unter europäischen Klimabedingungen für die Erzeugung von Nahrungsölen oder chemisch-technisch nutzbaren Fetten von Bedeutung. Die Biosyntheseleistung von Ölpflanzen beschränkt sich nicht nur auf die bereits genannten Hauptkomponenten. Mit einem sehr vielfältigen Spektrum von **wertgebenden Fettbegleitstoffen** (sekundäre Inhaltsstoffe, *phytochemicals*) fallen pflanzliche Rohstoffe in vergleichsweise geringen Mengen an, die aber eine sehr hohe Wertschöpfung im Lebensmittelsektor und anderen Bereichen aufweisen. So sind in Ölen und Fetten natürliche Antioxidanzien bzw. Vitamine enthalten. Neben ihrer biologischen Wirkung als Vitamin E haben Tocopherole (TOC), die natürliche, nur von photosynthetisch aktiven Organismen synthetisierte lipophile Substanzen darstellen, einen maßgeblichen Einfluss auf die Lagerfähigkeit und die Haltbarkeit von Fetten und Ölen sowie deren Produkten. Weiterhin dienen Carotinoide als Vitamin A-Vorstufe und wirken als Antioxidanzien, die vor degenerativen Krankheiten – u.a. aufgrund ihrer „Radikalfänger“-Funktion – schützen. Von Phytosterinen, die aus pflanzlichen Ölen und Fetten sowie Reis- oder Maiskleie gewonnen werden können, ist bekannt, dass sie die Aufnahme von Cholesterol im Magen-Darmtrakt verhindern. Phytosterine haben daher bereits eine gewisse Bedeutung als Nahrungsmittel-Zusatzstoff in Margarine erlangt.

Im Gegensatz zur Sojabohne werden Raps, Sonnenblume und Öllein in erster Linie als Öllieferanten und weniger zur Gewinnung des **Proteins** angebaut. Allerdings wird bei 00-Körnerraps die Marktleistung in zunehmendem Maße auch von der Qualität und Verwertbarkeit des Rapsmehles als Koppelprodukt der Ölgewinnung bestimmt. Mit der züchterischen Reduktion des Glucosinolat(GSL)-Gehaltes wurde ein breiterer Einsatz des Mehles in der Futtermittelindustrie möglich. Vorrangige Inhaltsstoffe im Rapsmehl, welche bei dem derzeitigen Stand der Qualitätszüchtung die Eignung in Futterrationen von Mastschweinen oder Geflügel begrenzen, sind der Rohfaseranteil und der Proteingehalt. Rapsmehl enthält gegenüber Soja weniger Rohprotein (38% vs. 47%). Aufgrund des höheren Rohfaseranteils (ca. 12% vs. 7%) ist der Gehalt an verwertbarer Energie gegenüber Sojamehl deutlich geringer. Dagegen ist der Anteil weiterer essentieller Aminosäuren (vor allem S-haltige wie Methionin und Cystein) sowie wichtiger Mineralien und Vitamine im Rapsschrot erhöht. In diesem Zusammenhang gewinnen weiterführende züchterische Maßnahmen an Bedeutung, die Gehalte an wertmindernden Inhaltsstoffen des Schrotes (Polyphenole, Phytate, Si-

napine) zu reduzieren, um die Futterqualität des Rapsmehles weiter zu verbessern. Dabei wird die züchterische Selektion dadurch erschwert, dass sowohl der Öl- als auch der Proteingehalt polygenisch vererbt und durch Umwelteinflüsse modifiziert werden, so dass die Heritabilität lediglich etwa 20-30% beträgt. Außerdem bestehen Wechselwirkungen Genotyp x Jahr und Genotyp x Ort. Daher ist vorerst eine zeitaufwändige Selektion über mehrere Jahre (Umwelten) erforderlich.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist der **Rohfasergehalt** von Ölsaaten, der eng (positiv) mit dem Schalenanteil korreliert. Rohfaser ist eine stofflich sehr heterogene, chemisch-analytisch schwierig zu erfassende Fraktion von pflanzlichen Zellwand- und Gerüstsubstanzen (u.a. Lignin), die im Verdauungstrakt von Mensch und Tier nicht abgebaut werden. Die Definition eines niedrigen Rohfasergehaltes als direktes Zuchtziel ist schwierig, weil diese Fraktion keinen chemisch einheitlichen Inhaltsstoff darstellt, der über einen genetisch determinierten Biosyntheseweg entsteht und daher züchterisch einfach zu beeinflussen wäre. Züchterische Verbesserungen bezüglich der Reduktion unerwünschter Rohfasergehalte sind daher in erster Linie indirekt über Selektion von Genotypen erzielt worden, die einen reduzierten Schalenanteil aufwiesen. Hier sind insbesondere die Zuchtfortschritte bei Sonnenblume und Raps zu erwähnen. Rohfaserarme und pigmentfreie Rapsschrote sind nicht nur in ihrem Energiegehalt verbessert; ein niedriger Rohfasergehalt führt auch zu einer erhöhten Eiweißverdaulichkeit und ein verringerter Polyphenolgehalt (kondensierte Tannine) in der transparenten Schale der gelben Samen zu einer verbesserten Verfügbarkeit des Eiweißes.

Wertmindernde oder antinutritive Substanzen sind die Ursache dafür, dass der Einsatz von Rapsmehl – im Gegensatz zur Sonnenblume – in der Tierernährung und die Verwendung von Rapsproteinen in der menschlichen Ernährung eingeschränkt ist. Glucosinolate, die zunächst als wichtigste limitierende Faktoren angesehen wurden, sind durch Einführung der 00-Sorten (*canola*) weitgehend reduziert worden und sollen durch züchterische Bearbeitung möglichst ganz eliminiert werden. Nun gilt es, die Gehalte an weiteren wertmindernden Inhaltsstoffen des Schrotes – wie Tannine (Polyphenole), Phytate und Sinapine – zu reduzieren, um die Proteinverwertbarkeit des Rapsmehles zu erhalten bzw. weiter zu verbessern.

Phenolcarbonsäure-Derivate und kondensierte Tannine (Polyphenole) stellen die vorherrschenden phenolischen Verbindungen in der Rapssaat dar, wobei die Gehalte im Vergleich zu anderen Ölsaaten sehr viel höher liegen. Neben der durch Komplexbildung hervorgerufenen Minderung der Proteinverdaulichkeit sind sie für den bitteren und adstringierenden Geschmack sowie die unansehnliche dunkle Farbe von Rapsschrotprodukten verantwortlich. Lösliche phenolische Verbindungen werden im Rapssamen hauptsächlich in den Kotyledonen akkumuliert. Herausragende Komponente ist das Sinapoylcholin (Sinapin), dessen Gehalt im Rapsmehl durchschnittlich 1-2% beträgt. Bezüglich der Verfütterung wird Sinapin in Verbindung gebracht mit der Akkumulation von Trimethylamin und dem damit verbundenen Auftreten von Fischgeruch in Eiern von bestimmten Legehennen-Rassen. Die in der Tierernährung unerwünschte Wirkung von Phytinsäure (2-5% im Rapsschrot) besteht vor allem darin, dass sie eine schwer verfügbare Phosphor-Form für Monogaster (z.B. Schweine) darstellt, die Spurenelementaufnahme behindert und die Verfügbarkeit von Aminosäuren einschränkt. Hinsichtlich der züchterischen Verminderung der Phytate gilt analog zu Sinapin, dass auch hier eine hinreichende genetische Variation vorhanden ist und geeignete Screening-Verfahren zur Verfügung stehen. Üblicherweise wird jedoch den Mischfuttermitteln mikrobiell erzeugte Phytase zugegeben, um

die negativen Effekte der Phytinsäure auszuschalten; in einem anderen Ansatz wurde Phytase-Aktivität aus *Aspergillus niger* in transgenen Pflanzen exprimiert.

Die Züchtung von Ölpflanzen kann heute auf eine breite Palette von **Methoden und Techniken** zurückgreifen. Dabei bilden die klassischen Züchtungsmethoden, wie die Beurteilung des Phänotyps im Zuchtgarten und Feldversuch sowie die Analyse der Qualitätseigenschaften, nach wie vor das Gerüst in der Züchtungspraxis, wobei in zunehmenden Maße biotechnologische und insbes. molekularbiologische Ansätze die moderne Pflanzenzüchtung darin unterstützen, schneller auf neue Zuchtziele zu reagieren und somit auch in kürzerer Zeit neue Sorten zu züchten. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die vielfältigen methodischen Ansätze, die zur Erreichung bestimmter Zuchtziele in Zuchtprogrammen bei Raps verfolgt werden.

Tab. 1: Die wichtigsten Zuchtziele bei Winterraps und zuchtmethodische Ansätze

Zuchtziel	Merkmal bzw. Strategie	Methodik *)
Kornertrag	- Erweiterung der genetischen Basis durch Artkreuzungen	IV, FV
	- Einsatz von Doppelhaploiden zur Beschleunigung	IV, FV
	- Identifizierung einzelner Gene für quantitative Merkmale	MM, FV
	- Etablierung von Genpools für die Hybridzüchtung	MM, FV
Ertragssicherheit	- Winterhärte, Standfestigkeit (z.B. Reduktion der Pflanzenlänge, Zwergtypen), Schotenplatzfestigkeit	MU, FV, MM, IV, GT
	- Krankheits- und Virusresistenz	MM, IV, FV, GT
	- Schädlingsresistenz (Insekten, Nematoden, etc.)	FV, IV, GT
	- Herbizidtoleranz	MU, IV, GT
	- Nährstoffeffizienz: Nährstoffaneignungsvermögen, Reduktion des N-Gehaltes in den Ernteresten, erhöhter Harvest-Index, optimierter Blattflächen-Index	FV, IV, GT
Samenqualität	- Gehalt wertbestimmender Komponenten (Öl, Protein, etc.)	QA, FV, MM, GT
	- Reduktion des Rohfasergehaltes	QA, FV, MM, GT
	- Modifizierte Ölqualität (inkl. neuartiger Fettsäuren)	MU, QA, IV, GT, MM, FV
	- Einführung neuer Speicherproteine oder wertbestimmender Inhaltsstoffe (Vitamine, Antioxidanzien)	MU, QA, IV, GT
	- Reduktion von antinutritiven Substanzen, wie Sinapine, Tannine (Polyphenole), Phytate, etc.	MU, QA, GT

*) IV = *In vitro*-Techniken, wie Zell- und Gewebekultur, 'Embryo rescue', Selektion *in vitro*; MU = Mutagenese; FV = Beurteilung des Phänotyps im Feldversuch; MM = Identifizierung des Genotyps mit molekularen Markern; GT = Gentransfer; QA = Phänotypbewertung durch Qualitätsanalytik.

Durch den Einsatz der **Biotechnologie** ändert sich die Sortenzüchtung prinzipiell nicht, d.h. neue Sorten entstehen nach wie vor durch 1) Schaffung einer genetischen Ausgangsvariation, 2) Selektion von Sortenkandidaten sowie 3) Erzeugung, Vermehrung und Erhaltung der Sorten. Im Hinblick auf eine erfolgreiche Neuzüchtung und Markteinführung verbesserter Sorten eröffnen biotechnologische Verfahren neue Wege, den Zuchtgang effizienter zu gestalten, oder – wie im Fall der Gentechnik – die Formulierung und Verwirklichung völlig neuer Zuchtziele überhaupt zu realisieren.

Genetische Variation ist die Grundvoraussetzung jedes züchterischen Handelns, d.h. ein Selektionserfolg ist nur dann realisierbar, wenn das betrachtete Merkmal genetisch variiert. Der Einsatz klassischer Pflanzenzüchtung in Kombination mit der experimentellen Mutagenese (”Mutationszüchtung”) hat sich bei wichtigen Ölpflanzen vielfach als erfolgreich erwiesen. Durch moderne Zell- und Gewebekulturmethoden *in vitro* – wie der ‘Embryo rescue‘-unterstützen Art- oder Gattungskreuzung oder der somatischen Hybridisierung (Protoplastenfusion) – bieten sich weitere Möglichkeiten zur Schaffung neuer genetischer Ausgangsvariation: So sind zwischen *Brassicaceae*-Arten gewisse Kreuzungsbarrieren (Inkompatibilitätsmechanismen) gegeben, die eine ungestörte Samenentwicklung i.d.R. verhindern. Mit Hilfe der ‘Embryo rescue‘-Methode können aber Bastardpflanzen aus weiten Kreuzungen (z.B. *B. napus* x *Raphanus sativus*) erfolgreich aufgezogen werden, indem die Samenentwicklung *in vitro* vollzogen wird. Insbesondere der experimentellen Resynthese von Raps (*B. rapa* x *B. oleracea*) kommt heute ein verstärktes Interesse zur Schaffung neuer Merkmalskombinationen zu, da synthetische Rapsformen im Hinblick auf bestimmte Zuchtziele gezielt aus selektierten *B. oleracea* bzw. *B. rapa*-Formen erzeugt werden können. Darüber hinaus gestattet die Fusionierung somatischer Zellen und anschließende Regeneration intakter Pflanzen *in vitro* die Erzeugung von Bastardindividuen, die aufgrund großer genetischer Distanz nicht durch sexuelle Kreuzung erstellt werden können.

Darüber hinaus ermöglicht der gezielte **Gentransfer („Gentechnik“)** heutzutage die Übertragung definierter isolierter Gene aus der gesamten Flora und Fauna – unabhängig von der Spenderpflanze und von etwaigen Kreuzungsbarrieren. Diese Entwicklung wurde durch eine Reihe von methodischen Verbesserungen ermöglicht. Zu nennen sind hier die Weiterentwicklung sowohl von vektorbürtigen Transformationssystemen – basierend auf der natürlichen Infektion durch das Bodenbakterium *Agrobacterium tumefaciens* – als auch einer Reihe von vektorfreien Transformationssystemen, bei denen z.B. die artfremde rekombinante Erbsubstanz in wandlose Zellen (Protoplasten) oder durch Beschuss von regenerationsfähigen Meristemen mit DNA-beladenen Partikeln integriert wird. Während die Agrobacterium-vermittelte Transformation von Raps heute als eine Routine-Methode gilt, ist beispielsweise bei der Sonnenblume und dem Lein noch Entwicklungsarbeit bis zur Praxisreife notwendig. Die Gentechnik ist ein nützliches Instrument, um erwünschte wertbestimmende Inhaltsstoff-Zusammensetzung des Ölsamen bereits in der Pflanzensorte dem späteren Verwendungszweck schneller und gezielter anzupassen. Erfolge sind hier dann zu erwarten, wenn das Wissen über die physiologischen Zusammenhänge (z.B. Biosynthesewege) so weit etabliert ist, dass es gelingen kann, solche Eigenschaften molekular zu fassen, die entsprechenden Gene zu isolieren, in andere Pflanzen zu übertragen (Transformation) und in leistungsfähigen Sorten zu exprimieren. So gestattet die Gentechnologie einen gezielten Eingriff in den Lipidstoffwechsel, wie extreme Fettsäure-Varianten wichtiger Ölsaaten zeigen (*Oil designing*).

Da in der Natur in bezug auf Kettenlänge, Anzahl und Lage von Doppelbindungen sowie funktionellen Gruppen (Hydroxy-, Keto-, Epoxy-Gruppen,u.v.a.m.) eine große Vielfalt an verschiedenen Fettsäuren existiert, ist zu erwarten, dass auch durch Gentechnik induzierte drastische Veränderungen im Fettsäuremuster der Samen toleriert werden und den Pflanzen bzw. den aus der Saat aufwachsenden Keimlingen nicht schaden. In den letzten Jahren haben sich zahlreiche Arbeitsgruppen damit beschäftigt, die genetische Variabilität bzgl. Ölqualität von Hauptölpflanzen – insbes. Raps und Sojabohne – mit Hilfe von gentechnischen Ansätzen zu erweitern, indem sie die Aktivität bestimmter, am Fettsäure- und Lipidstoffwechsel beteiligter Enzyme soweit

veränderten, dass verschiedene gentechnisch erzeugte Ölvarianten als Prototypen vorliegen oder – wie im Fall des Laurinsäure-Rapses oder der HO-Sojabohnen – bereits auf dem Markt waren. Da die dominierenden Fettsäuren im Rohstoffangebot solche mit einer Kettenlänge von C16-18 sind, haben sich die gentechnisch angestrebten Veränderungen der Fettsäure-Zusammensetzung im Fall von Raps vor allem auf folgende Gebiete konzentriert:

- Modifikation der Desaturation von C18-Fettsäuren
- Einführung kurz- und mittelkettiger Fettsäuren (C8-14)
- Veränderung sehr langkettiger Fettsäuren (C20-24)
- Einführung neuer Fettsäuren mit funktionellen Gruppen (z.B. Hydroxy- oder Epoxy-Funktionen).

Neben gentechnischen Veränderungen der Fettsäure-Biosynthese oder der Einlagerung von Pollensterilität bedingenden Genen, sind vor allem Herbizid- und Insektenresistenzen geschaffen worden, die weltweit bereits eine beträchtliche kommerzielle Bedeutung erlangt haben.

Die Qualitätszüchtung bei Ölpflanzen hat längst noch nicht alle Ziele erreicht. Die Märkte der Zukunft werden zunehmend **funktionelle Lebensmittel** verlangen, welche einen positiven Einfluss auf die menschliche Ernährung und Gesundheit haben (*Functional Food, Nutraceuticals*). Sowohl Rapsöl als auch Sonnenblumenöl (z.B. Hochölsäurevarianten) zeichnen sich bereits heute als hochwertige Speiseöle aus, und durch moderne Züchtung werden weitere Innovationen auf diesem Gebiet erreichbar sein. Neben der Modifizierung der Fettsäure-Zusammensetzung werden in der Biotechnologie von Ölpflanzen künftig auch Ansätze des sog. *Molecular farming* an Bedeutung gewinnen: Dabei werden die Ölsaaten als Syntheseeinheit für Enzyme, Impfstoffe oder andere pharmazeutisch interessante Proteine, Vitamine und Wirkstoffe genutzt.

An dieser Stelle sei auch das BMBF-Verbundprojekt NAPUS 2000 erwähnt, das mit Beteiligung von Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft auf eine umfassende Nutzung der gesamten Rapssaat für eine gesunde menschliche Ernährung abzielt. In den vier Teilbereichen Samenöl, Antioxidanzien (Tocopherol, Resveratrol), Lecithin und Protein soll die Qualität von Rapsprodukten mit modernen Methoden der Pflanzenzüchtung einschließlich der Gentechnik weiter verbessert werden. Hierbei wurden bereits wichtige Teilziele erreicht (vgl. Friedt et al. 2001, Leckband et al. 2002).

Schlußbetrachtung und Ausblick

Der Pflanzenzüchtung steht ein umfangreiches methodisches Repertoire zur Verfügung, um gezielte Modifikationen pflanzlicher Biosyntheseleistungen zu realisieren. Neben einer Verbesserung der Ertragsleistung strebt die Ölpflanzenzüchtung die Schaffung ”maßgeschneiderter” Öle und Fette an. Klassische Pflanzenzüchtung in Kombination mit der experimentellen Mutagenese (”Mutationszüchtung”) sowie modernen Zell- und Gewebekulturmethoden *in vitro* hat bei den wichtigsten Ölpflanzen, d.s. Raps, Sonnenblume und Sojabohne, bereits die Realisierung vieler Ziele erreicht. Molekularbiologische Methoden erlauben des weiteren eine Frühselektion auf molekularer Ebene, und schließlich ermöglicht die genetische Transformation („Gentechnik“) eine gezielte Einführung definierter Gene in landwirtschaftliche Nutzpflanzen und damit die Möglichkeit einer immensen Erweiterung der genetischen Variation. Insbesondere ist es mit Hilfe der Gentechnik möglich, Rohstoffmaterialien bereits im Innern der Pflanzenzellen ihrem späteren Verwendungszweck anzupassen. Viele chemische Umwandlungsschritte, wie sie derzeit etwa bei der Verarbeitung von Öl- und Fett-Rohstoffen notwendig sind, könnten eingespart werden. Bei der Erfor-

schung und genetischen Transformation von Raps erweist sich seine Verwandtschaft mit der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* als sehr vorteilhaft, weil aus dieser Pflanze isolierte Gene direkt zur genetischen Modifikation von Stoffwechselvorgängen im Raps eingesetzt werden können. Die Gentechnik erlaubt es somit, die genetische Variation weit über das bisher mögliche Maß hinaus zu erweitern und eröffnet damit der Pflanzenzüchtung ganz neue Perspektiven. Nicht allein wegen der gezielten Eingriffsmöglichkeiten in Stoffwechselwege, sondern auch wegen der Möglichkeit der Übertragung einzelner Gene – ohne den Genotyp auf herkömmliche Weise umzugestalten (Kombinationszüchtung). Es zeichnet sich bereits jetzt ab, dass in nächster Zukunft gentechnisch erzielte Veränderungen der Biosyntheseleistung von Nutzpflanzen in noch stärkerem Maße zur methodischen Weiterentwicklung in der Pflanzenzüchtung beitragen werden; Voraussetzungen dafür sind der fortschreitende Erkenntnisgewinn in der Genomforschung und der Funktionsanalyse von Genen. Inwieweit diese “neuen“ Nutzpflanzen jedoch eine praktische Bedeutung erlangen werden, hängt von weiteren Faktoren ab: In der Landwirtschaft werden diese gentechnisch erzeugten Sorten nur dann Interesse finden, wenn sie nicht nur stabil und ertragreich sind, sondern auch für den Landwirt einen wirtschaftlichen Vorteil bringen. Das hängt u.a. auch von legislativen Rahmenbedingungen und der Akzeptanz seitens Verarbeitern und Verbrauchern ab. Andererseits werden entsprechende Sorten, Rohstoffe oder Erzeugnisse nur nachgefragt werden, wenn sie in ausreichender Menge zu wettbewerbsfähigen Preisen angeboten werden können.

Literatur

Friedt, W., M. Frauen, and G. Leckband, 2001: NAPUS 2000 – Rapeseed (*Brassica napus*) breeding for improved human nutrition. Oléagineux Corps Gras Lipides 8, 49-52.

Leckband, G., M. Frauen, and W. Friedt, 2002: NAPUS 2000. Rapeseed (*Brassica napus*) breeding for improved human nutrition. Food Research International 35, 273-278.

Lühs, W. und W. Friedt, 2003: Stand und Aussichten der Züchtung von Ölpflanzen. In: K.-U. Heyland, Handbuch des Pflanzenbaus, Bd. 4, Ölpflanzen (in Vorbereitg.); dieses Kapitel enthält zahlreiche weitere Hinweise auf die umfangreiche Literatur.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 23–26 (2003)

Selektion anbauwürdiger Saflor-Formen für den Ökologischen Landbau aus einem zweijährigen Screening-Experiment

C. Reinbrecht[1], S. Barth[2], S. von Witzke-Ehbrecht[3], M.A. Khan[3], H.C. Becker[3], G. Kahnt[1], W. Claupein[1]

Einleitung

Saflor oder Färberdistel (*Carthamus tinctorius* L.) wird als Ölpflanze in ariden und semiariden Klimagebieten der Erde angebaut. Das aus den Samen gewonnene Öl wird aufgrund seiner hohen Linolsäure- bzw. Ölsäuregehalte als Speiseöl sehr geschätzt. Das derzeit auf dem Markt angebotene Färberdistelöl stammt fast ausschließlich aus Überseeländern wie Argentinien, Mexico oder Australien.

In der bundesdeutschen Landwirtschaft befanden sich im Jahre 2000 auf insgesamt rund 7% der landwirtschaftlichen Nutzfläche ölreiche Körnerfruchtarten im Anbau (SÖL, 2003). Demgegenüber betrug dieser Anteil für den Ökologischen Landbau nur etwa 2%, obwohl der Verbrauch an ökologisch erzeugter Ware als ähnlich hoch einzuschätzen ist wie an konventionell produzierter Ware (Reinbrecht, 2003). Da die wichtigsten Ölpflanzenarten Raps und Sonnenblume im Ökologischen Landbau aufgrund von Einbußen durch Schädlings- bzw. Krankheitsbefall, zu geringer N-Bereitstellung bzw. mangelnder klimatischer Adaptation vielfach nur geringere Erträge zu liefern imstande sind, könnte der Anbau von Saflor als alternative Ölpflanzenart hier Vorteile bieten. Saflor zeichnet sich durch eine tiefgehende Pfahlwurzel, ein gutes Nährstoffaneignungsvermögen sowie geringe Schädlingsproblematik aus, benötigt jedoch eine verhältnismäßig lange Vegetationszeit. Scheibe (1939) berichtete ferner von einer Erkrankung, die er als „Köpfchenfäule“ bezeichnete und die im heimischen Anbau zu hohen Einbußen führen kann.

In der vorliegenden Studie sollte deshalb die Anbauwürdigkeit einer Vielzahl verschiedener Saflorformen unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaues in Mitteleuropa überprüft werden. Hierfür sollten geeignete Merkmale benannt werden, denen unter diesen Bedingungen für eine Selektion geeigneter Herkünfte besondere Aufmerksamkeit zukommt. Schließlich sollte die Leistungsfähigkeit überlegener Formen für den Praxisanbau dokumentiert werden.

Material und Methoden

2002 wurden 741 Saflorherkünfte aus allen Anbauregionen der Erde, bestehend aus Genbank-Akzessionen, Zuchtstämmen und der kommerziellen Sorten, wie der in Deutschland geschützten Sorte ‘Sabina‘ (als Standard), als Blockanlage mit zwei Wiederholungen an zwei Standorten (Ihinger Hof – westlich von Stuttgart – und Göttingen) angebaut. Das Material wurde vorrangig aus den Genbanken in Gatersleben, Braunschweig sowie aus dem GRIN-System in den USA, d.h. der Western Regional Plant Introduction Station in Pullman, Washington, bezogen. Ferner wurden Herkünfte aus einigen botanischen Gärten, privaten Zuchtunternehmen und universitären Einrichtungen mitgeprüft. Die gewählte Parzellenform war eine 1,20 m lange einreihige Mikroparzelle bei einem Reihenabstand von 40 cm. Die Aussaatstärke wurde

[1] Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), D-70593 Stuttgart
[2] Teagasc, Crops Research Centre, Oak Park, Carlow, Irland
[3] Georg-August Universität Göttingen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Von-Siebold-Str. 8, D-37075 Göttingen

mit 50 kfK. pro m² an Literaturangaben angelehnt (Scheibe, 1939) und betrug 25 Samen pro Reihe.

Die Bestände wurden im Laufe der Vegetation ohne Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln geführt. An beiden Standorten wurde zur Unkrautfreihaltung zu jeweils einem Termin eine Maschinenhacke durchgeführt. Per Handhacke wurde 1-2 mal nachbearbeitet.

Es wurden folgende Merkmale erfasst:

- Jugendentwicklung (Bonitur 1-5)
- Einzelwerte und Befallsdurchschnitt aufgetretener Krankheiten (Bonitur 1-9)
- Blühbeginn (numerischer Tag des Jahres)
- Wuchshöhe (cm)
- Kornausbildung vor Ernte (Bonitur 1-9)
- Zusammenfassender Index (ortsweise errechnet)

Folgende Krankheiten wurden 2002 festgestellt:

- „Spitzenfäule“ (Nekrotisierung von Trieb und Blattspitzen, Erreger wahrscheinlich *Pseudomonas syringae*), Anfang Juni
- Welke (bedingt durch Befall mit Fusskrankheitserregern), Mitte Juni
- Kräuseln der Blattoberfläche (vermutlich virusbedingt nach Blattlausflug, Mitte Juni)
- Rost (*Puccinia carthami*), Anfang Juli
- Alternaria-Blattflecken (*Alternaria carthami*), Anfang Juli
- Köpfchenfäule (*Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*), Mitte bis Ende Juli.

Letztere Krankheit griff witterungsbedingt ab Ende Juli verstärkt um sich und erfasste viele Herkünfte vollständig.

Aufgrund der Bonitur der Kornausbildung und des kalkulierten Indexes wurde vor der vollständigen Abreife des Materials eine Vorselektion von 185 Herkünften mit voraussichtlich noch befriedigendem Kornansatz getroffen. Diese Herkünfte wurden beerntet und hinsichtlich folgender Ertrags- und Qualitätseigenschaften beurteilt:

- Korngewicht auf Parzellenbasis (g)
- Tausendkornmasse (TKM; g)
- Anzahl vollausgebildeter Kerne (Grundlage: 20 Körner)
- Kernanteil in der Trockenmasse (Gew. %)
- Kerngewicht auf Parzellenbasis (g)

Zur weiteren Einschränkung des Materials wurden folgende Herkünfte gemäß ihrer besten Merkmalsausprägung selektiert: 25 nach Parzellengewicht, je 4 mit niedrigstem Index, niedriger Wuchshöhe und hohem TKM, 11 mit Resistenz gegen Spitzenfäule, 8 gegen Köpfchenfäule, 5 gegen Alternaria-Blattflecken und 4 gegen Rost.

Diese getroffene Auswahl von 65 Herkünften wurde 2003 in einer Leistungsprüfung auf den Öko-Standorten Kleinhohenheim (Stuttgart), Flachshof (Nähe Schaffhausen) und Göttingen weiter getestet und ebenfalls nach bereits beschriebenen Kriterien bewertet. An Krankheiten traten bisher Rost und Alternaria in größerem Maße auf. Die varianzanalytische Verrechnung der Daten erfolgte mit PLABSTAT.

Ergebnisse und Diskussion

2002 wurden sowohl in dem vollen Sortiment als auch unter den selektierten und geernteten Herkünften bei allen agronomisch wichtigen Merkmalen bedeutende und signifikante Unterschiede zwischen den Herkünften gefunden (Tab.1). Besonders erwähnenswert ist, dass das Material auch in der Anfälligkeit für verschiedene Krankheiten eine große Variabilität zeigte.

Tab. 1: Genotypische Werte agronomisch interessanter Merkmale für das Minimum, den Versuchsmittelwert, den Standard 'Sabina' und das Maximum sowie Signifikanz der genotypischen Varianz und Heritabilitäten von 741 angebauten bzw. 185 daraus geernteten Saflorformen, geprüft in Göttingen und auf dem Ihinger Hof 2002

		N=741			
Merkmal	Minimum	Mittel	Sabina	Maximum	h^2
Jugendentwicklung (1-5)$^{\$}$	1,0	2,8**	2,0	3,8	0,22
Blühbeginn (Tage)	190	210 **	210	232	0,90
Wuchshöhe (cm)	55	92 **	104	149	0,75
„Spitzenfäule" (1-9)	1,0	2,4**	1,7	6,5	0,65
Kräuselsymptom (1-9)	1,0	3,3**	5,1	7,5	0,69
Welke (1-9)	1,0	1,4**	1,0	4,5	0,24
Rost (1-9)$^{\$}$	1,0	3,2**	2,9	6,0	0,63
Alternaria-Blattflecken (1-9)	1,5	4,2**	4,4	6,0	0,50
Köpfchenfäule (1-9)	1,0	2,7**	1,3	6,0	0,88
∅ Krankheiten (1-9)	1,2	3,2**	2,7	4,7	0,74
Kornausbildung (1-9)$^{\$}$	1,0	6,8**	2,4	9,0	0,79
Index	11,6	22,9**	18,8	32,8	0,87
		N=185			
Korngewicht Parzelle (g)	0,1	40,8**	114,2	175,3	0,79
Tausendkornmasse (g)	11,2	29,7**	30,9	45,8	0,74
Anz. vollausgebildeter Kerne	0,0	8,4**	12,7	19,5	0,78
Kernanteil i. d. TM (Gew. %)	1,8	20,0**	23,7	39,0	0,72
Kerngewicht Parzelle (g)	0,0	9,9**	28,2	49,5	0,69

** Signifikant bei P=0,01.
$^{\$}$ Auswertung nur vom Ihinger Hof.

Neben vollständig ertragslosen Formen konnten eine Reihe von Genotypen mit ausreichendem Kornansatz geerntet werden, die zusätzlich im Mittel einen Kernanteil bis fast 40% aufwiesen. Als ein Schlüsselmerkmal für die Identifikation solcher Herkünfte kann in der Tat das Merkmal Bonitur Kornausbildung angesehen werden. Es ergaben sich hohe und hoch signifikante Korrelationskoeffizienten dieses Merkmals zu den beiden Parzellengewichten (Korn: r=0,75 bzw. Kern: r=0,74) sowie von r=-0,57 zur TKM und r=-0,51 zum Kernanteil in der Korntrockenmasse. Von allen erhobenen Krankheiten wies die Bonitur der Köpfchenfäule den höchsten und ebenfalls hoch signifikanten Korrelationskoeffizienten zur Bonitur der Kornausbildung auf (r=0,61). Zwischen den Parzellengewichten (Korn und Kern) und der Köpfchenfäule bestanden Koeffizienten von r=0,50 bzw. r=0,48; diese waren gleichfalls hoch signifikant. Keine andere Erkrankung zeigte vergleichbare Korrelationen. Dieses belegt den entscheidenden Einfluß der Köpfchenfäule auf die Kornausbildung bei Saflor im Anbau des Jahres 2002.

Scheibe beschrieb bereits 1939, dass asiatische Herkünfte (Türkei, Afghanistan und Indien) in seinen Anbauversuchen wegen mangelhafter Samenausbildung vollständig versagten. Europäische Formen, die er vorrangig aus botanischen Gärten und Versuchsstationen bezogen hatte, wiesen demgegenüber vielfach einen besseren Ansatz und passable Samenerträge auf. Für das Merkmal Parzellengewicht konnten aus den Ergebnissen des Jahres 2002 ähnliche Schlüsse gezogen werden

(Abb. 1). Insbesondere Material mit der Herkunftsangabe „Deutschland“ und „Mitteleuropa außer Deutschland“ zeigte eine klare Überlegenheit gegenüber nichteuropäischen Herkünften. Dennoch fanden sich auch einige außereuropäische Formen, die es wert waren, weiterverfolgt zu werden.

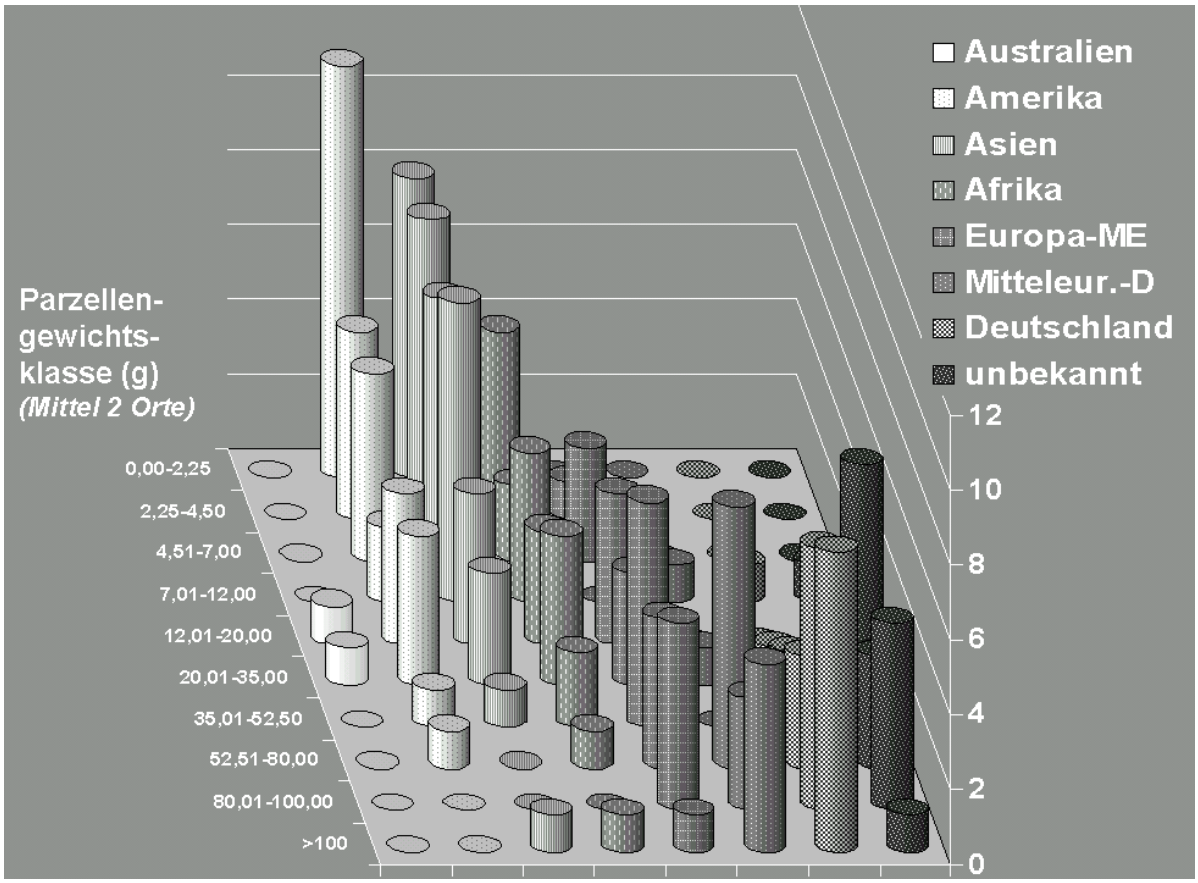


Abb. 1: Verteilung der 185, im Jahr 2002 geernteten Herkünfte aus verschiedenen Kontinenten nach ihren mittleren Parzellengewichten.

Es kann hieraus gefolgert werden, dass es bei Saflor anbauwürdige Formen gibt, die auch unter unseren eher humiden Klimabedingungen noch ausreichende Leistungen erbringen können. Erste Ergebnisse aus 2003 belegen, dass bezüglich des Merkmals Jugendentwicklung und der Anfälligkeit für Rost und Alternaria deutliche und hoch signifikante Unterschiede zwischen den 65 Herkünften bestehen und diese mit den Daten aus 2002 gut übereinstimmen. Die Selektion überlegener Formen für den ökologischen Anbau kann daraus abschließend erwartet werden.

Literatur

Reinbrecht C (2003) Stand und Perspektiven des Ölpflanzenanbaues im Ökologischen Landbau. Landinfo Baden-Württemberg 4, 59-61.

Scheibe A. (1939) Zucht- und Anbauerfahrungen mit Saflor (*Carthamus tinctorius* L.). Pflanzenbau 15, 129-159.

SÖL (2003) SÖL-Jahrbuch 2003, Stiftung Ökologie und Landbau.

Die Autoren möchten der StollVita-Stiftung und dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau für die finanzielle Unterstützung der Studien in den beiden Versuchsjahren 2002 bzw. 2003 herzlich danken!

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 27–30 (2003)

Probleme der Qualitätszüchtung bei Weizen im ökologischen Landbau

J. P. Baresel[1], H. J. Reents[1], G. Zimmermann[2]

Einleitung

Trotz erheblicher Erfolge in der Weiterentwicklung der Anbausysteme des Ökologischen Landbaus in Deutschland ist die oft unzureichende Backqualität beim Weizen immer noch ein Problem. Eine Verbesserung der Backfähigkeit kann grundsätzlich auf zwei Wegen erreicht werden: Durch höhere Proteingehalte im Korn, d.h. bei gleichem Ertrag eine höhere N-Effizienz (NE) oder durch eine verbesserte Kleberqualität, d.h. höheres Backvolumen bei gleicher Klebermenge. Der Aspekt der Qualität sollte unter den Bedingungen der begrenzten N-Versorgung mehr beachtet werden.

Üblicherweise wird auf ein hohes Backvolumen bei den für den konventionellen Landbau typischen Proteingehalten von 12,5-13,5 % selektiert, so dass die Backqualität bei den geringeren N-Gehalten (9-11,5 %), wie sie im Ökologischen Landbau erzielt werden, nicht berücksichtigt wird.

Es gibt zwar Sorten, mit denen unter beiden Bedingungen eine überdurchschnittliche Backqualität erreicht wird, vorangegangene eigene Beobachtungen und Untersuchungen legten aber nahe, dass durch eine gezielte umweltspezifische Selektion ein bisher noch ungenutztes Potential erschlossen werden kann.

Ziel der Untersuchungen ist, (a) dieses Potential abzuschätzen, (b) geeignetes Zuchtmaterial zu identifizieren und (c) Selektionshilfen zu finden, wobei die Nutzung von Kleberproteinmarkern besonders berücksichtigt wird.

Material und Methoden

Untersucht wurden 65 Zuchtlinien süddeutscher Züchter, bei denen eine relativ hohe Backqualität auch bei niedrigen Proteingehalten vermutet wurde, sowie 35 Zuchtsorten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz, die auf eine weite Differenzierung hinsichtlich der Backqualität ausgewählt wurden. Das Sortiment wurde in zwei Jahren an zwei konventionell und drei ökologisch bewirtschafteten Standorten in Parzellenversuchen mit drei Wiederholungen angebaut. Die Standorte wurden so ausgewählt, dass ein möglichst breites Spektrum hinsichtlich der N-Versorgung abgedeckt wurde. In diesem Beitrag werden Ergebnisse des ersten Jahres vorgestellt. Am Erntegut wurden der Feuchtklebergehalt, das Backvolumen nach dem Rapid-Mix-Test und der Sedimentationswert nach Zeleny ermittelt. [1] Die HMWGS wurden mittels SDS-PAGE getrennt und mit der Nomenklatur nach Payne und Lawrence [2] ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Ganz im Sinne der Versuchsplanung konnte eine gute Differenzierung der Standorte hinsichtlich der Rohproteingehalte nachgewiesen werden. Wie in Abbildung 1 anhand der Sedimentationswerte einiger Genotypen beispielhaft gezeigt, war der Einfluss der Rohproteingehalte auf diesen Qualitätsparameter sehr unterschiedlich: Nur bei niedrigen Rohproteingehalten ist die Sorte "Altos" den anderen überlegen, der Zuchtstamm SC29-9448 nur bei hohen Proteingehalten. Die Sorte "Bussard" nimmt

[1] TU München, Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Lange Point 51 85354 Freising
[2] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Str. 38, 85354 Freising

eine Zwischenstellung ein. "Ökostar" ist ein Beispiel für einen vergleichsweise niedrigen Sedimentationswert, sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Rohproteingehalten. Um wenige Genotypen zu vergleichen, wie in Abbildung 1, ist eine visuelle Auswertung vielleicht ausreichend, bei einer größeren Anzahl von Sorten und Zuchtlinien muss eine geeignete Maßzahl für die Eignung für N-extensive Bedingungen gefunden werden. Am geeignetsten erwies sich hierfür der Schätzwert des Sedimentationswertes S_{RPmin} für den niedrigsten gemessenen Proteingehalt RP_{min} nach der Regressionsgleichung: $S = a + b * RP$. Entsprechend wurde, um das Verhalten unter N-intensiven Bedingungen zu charakterisieren, der Schätzwert für den höchsten Rohproteingehalt, $S_{RPmax,}$ berechnet.

Ein Vergleich von Abbildung 1 mit Tabelle 1 zeigt, dass die unterschiedlichen Verhaltensweisen der Sorten hierdurch gut charakterisiert werden.

Die Verteilung der S_{RPmin}-Werte entspricht weitgehend der Normalverteilung. Auffallend sind die Sorten "Altos" und "Topper", deren Werte weit oberhalb des Verteilungsbereichs der restlichen Genotypen liegen. (Abbildung 2)

Markergestützte Selektion, insbesondere durch die qualitative Bestimmung der HMWG-Untereinheiten werden bereits mit Erfolg in der Züchtung für Bedingungen hoher N-Verfügbarkeit eingesetzt. Bei niedriger N-Verfügbarkeit und damit niedrigen Rohproteingehalten ergeben sich die Fragen, (a) ob die Methode auch hier mit gleichem Erfolg eingesetzt werden kann und (b) ob den gleichen Allelen der Vorzug zu geben ist, wie unter N-intensiven Bedingungen oder (c) ob hier andere Kriterien entwickelt werden müssen.

In Tabelle 2 sind die gemessenen Sedimentationswerte sowie S_{RPmin} und S_{RPmax} nach den identifizierten Allelen der HMWG-codierenden Gene aufgeschlüsselt. Es zeigte sich, dass auch für S_{RPmin} -Werte eine Differenzierung möglich ist. Zwischen den stark besetzten Klassen konnten keine Unterschiede hinsichtlich der Rangfolge nachgewiesen werden. Positive Abweichungen im Sinne der Zielsetzug der Untersuchungen gab es dagegen bei der Bandenkombination *Glu-B1 17+18*, von denen allerdings nur drei Genotypen vertreten waren. Dabei handelt es sich um die Sorten Altos, Topper (s. Abb.1 und 2) und den Banater Landweizen, der allerdings nur niedrige Werte für den Sedimentationswert und S_{RPmin} aufwies.

Schlussfolgerungen

Die bisherigen Ergebnisse lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Eine spezielle Züchtung auf hohe Backqualität bei niedrigen Rohproteingehalten erscheint möglich und sinnvoll.
- Innerhalb des untersuchten Genpools ist Variation vorhanden, um eine derartige Selektion mit Erfolg durchzuführen.
- Bei einem Screening eines Sortiments mittels Kleberprotein-Markern ist zu erwarten, dass die für N-extensive Bedingungen geeigneten Zuchtlinien mit erfasst werden.
- Eine Differenzierung zwischen Sorten für N-intensive und N-extensive Bedingungen kann nach dem jetzigem Kenntnisstand durch ein solches Screening allerdings nicht erfolgen.
- Es sollte durch weitere Untersuchungen geprüft werden, ob einzelne, zur Zeit schwach vertretene Bandenkombinationen, wie *Glu-B1 17+18* eine gezielte Identifikation von Genotypen die für N-extensive Bedingungen geeignet sind, erlauben.

Da der Sedimentationswert nur einen Teil der Faktoren erfasst, die für die Backqualität von Bedeutung sind, müssen weitere Qualitätsparameter in die Überlegungen einbezogen werden. Das Backvolumen nach dem RMT liegt den Anforderungen der Praxis am nächsten. Erste Ergebnisse liegen vor und bestätigten die hier anhand des Sedimentationswertes gefundenen Tendenzen; die Korrelation des Sedimentationswerte mit dem Backvolumen war erwartungsgemäß höher als die des Rohproteingehalts. Es ist aber zu erwarten, dass die hier gezeigten Beziehungen für den Sedimentationswert sich nur teilweise in den RMT-Backvolumina wiederfinden lassen.

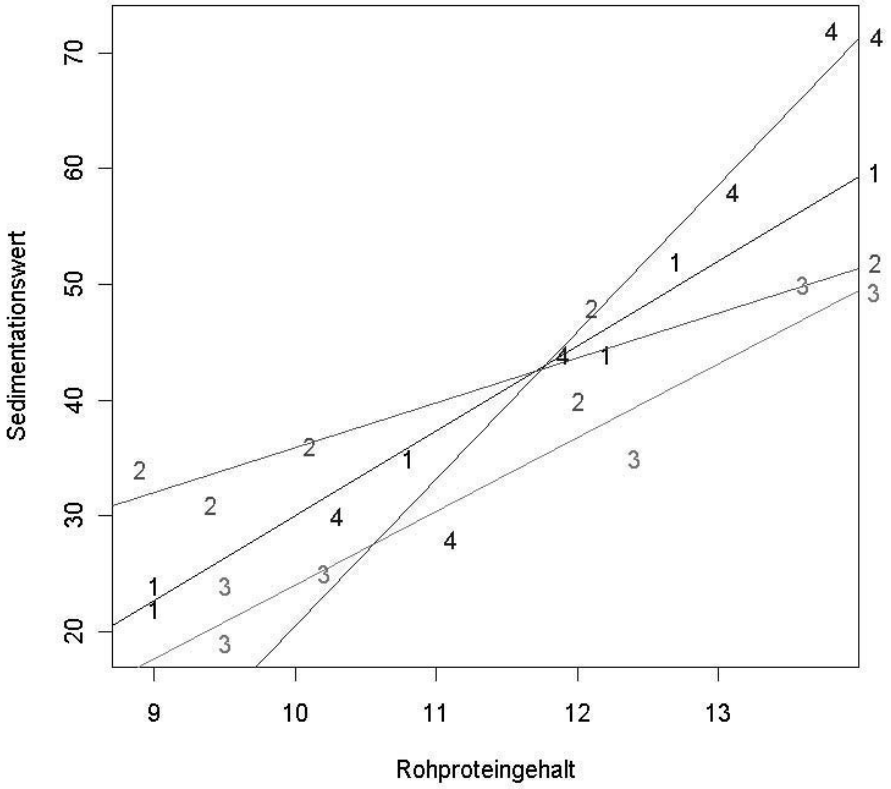


Abb. 1: Beziehung zwischen Rohproteingehalt und Sedimentationswert
Beispiele: 1=Bussard, 2=Altos, 3=Ökostar, 4=SC29-9448

Tab. 1: Rohproteingehalt (RP), mittlerer gemessener Sedimentationswert und geschätzter Sedi-Wert (S_{RPmin}) für vier Beispiele

Sorte	RP	Sedi-Wert	S_{RPmin}	S_{RPmax}
1 Bussard	10,7	35,4	22,6	49,7
2 Altos	10,5	37,0	31,6	44,0
3 SCH29-9448	12,4	46,4	24,3	46,9
4 Ökostar	11,4	30,6	20,8	68,7

10 | 3568
12 | 0858
14 | 50011236
16 | 01136011224445679
18 | 112335666690111112335889
20 | 1122346889900267889
22 | 03456015799
24 | 2348979
26 | 243
28 |
30 | 06

Abb. 2: Verteilung der S_{RPmin} –Werte („Stem and leaf"-Diagramm: Die Zahlen vor dem „|" bezeichnen die Stellen vor dem Dezimalkomma, die Anzahl der Ziffern dahinter entsprechen der Klassengröße, ihre Werte der ersten Nachkommastelle)

Tab. 2: Vorkommen wichtiger HMWGS-Banden, Sedimentationswert und Schätzwerte für S_{RPmin} *und* $S_{Rpmax.,}$ (dargestellt als Relativwerte)

Genlocus	Genotypen	Allel	Banden	Sedi-Wert	S_{Rpmin}	S_{Rpmax}
Glu-A1	36	a	1	30	101	103
	5	b	2	30	100	98
	59	c	N	29	99	99
Glu-B1	8	a	7	34	107	109
	5	b	7+8	37	107	119
	37	c	7+9	30	90	97
	45	d	6+8	27	84	90
	2	h	14+15	29	96	93
	3	i	17+18	32	116	91
Glu-D1	39	a	2+12	28	95	96
	61	d	5+10	31	105	104

Literatur

[1] ICC-Standard, Standardmethoden der Internationalen Gesellschaft für Getreidechemie (ICC), 1986. Verlag Moritz Schäfer, Detmold, ISBN 37696-010-x

[2] Payne PI, Lawrence GJ 1983: Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A1, Glu-B1* and *Glu-D1,* which code for high molecular subunits of glutenin in hexaploid wheat. Cereales. Commun. 11: 29-35

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 31–33 (2003)

Alte Kulturpflanzen neu entdeckt, Rispenhirse (*Panicum miliaceum*) eine ideale Sommerung für den ökologischen Landbau

R. Hoffmann-Bahnsen und J. Plessow *

Einleitung

Rispenhirse *(Panicum miliaceum*) gilt als eine der ältesten Kulturpflanzen der Menschheit. Sie entstammt mit Sicherheit der Alten Welt. Es gibt Hinweise, dass sie schon im Neolithikum in Nordchina angebaut wurde, also noch vor der Inkulturnahme von Gerste und Weizen, und dort die wichtigste Getreideart war. Im Jahre 2.800 vor Christus ließ der chinesische Kaiser Shen-Nung sie in die Liste der fünf heiligen Nahrungspflanzen aufnehmen. In Mittel- und Osteuropa soll schon im 5. Jahrhundert vor allem in der Ukraine, Georgien, Böhmen, Mähren, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen Rispenhirse in Nutzung gewesen sein. Hirsebrei und Hirsefladen gehörten zur täglichen Kost der Germanen und Gallier. Aus Europa gelangte die Hirse nach Amerika. In ariden und semiariden (regenarmen) Gebieten hat Rispenhirse eine weite Verbreitung. Sie ist eine wärme- und lichtliebende Kurztagpflanze, besitzt eine hohe Trockenheitsresistenz und stellt im Vergleich zu Weizen und Gerste geringere Ansprüche an den Boden. Hirse eignet sich damit hervorragend für leichte, zu Trokkenheit neigende Standorte, auf denen sie die Getreidefruchtfolgen auflockern und bereichern kann. Seit mehreren Jahren wird am Institut für Pflanzenbauwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin deshalb intensiv zum Thema Hirseanbau und Dürreresistenz gearbeitet. Im Rahmen eines Ringversuches werden derzeit 26 Sorten und Linien eines russischen Züchtungsinstitutes für den ertragreichen Anbau unter brandenburger Bedingungen getestet. Da praktikable deutsche Sorten nicht mehr existieren, muss auf den osteuropäischen Genotypenbestand zurückgegriffen werden, der in Russland und in der Ukraine durch einen rezenten, weitverbreiteten Anbau und eine intensive Züchtungsarbeit in hoher Vielfalt vorhanden ist. Die für eine Wiedereinführung der Rispenhirsekultur notwendigen Sortenversuche werden vom Fachgebiet “Pflanzenbau der Tropen und Subtropen” der Humboldt-Universität in Kooperation mit dem “Allrussischen Züchtungsinstitut für Leguminosen und Körnerfrüchte” (VNIIZBK) in Orel (Russland) im Rahmen eines Ringversuchs durchgeführt. Grundlage ist eine vom VNIIZBK-Institut bereitgestellte Kollektion von 25 Sorten und Linien, die auf hinreichende Angepasstheit an deutsche klimatische Verhältnisse vorselektiert wurde. Diese Kollektion stellt in ihrer Gesamtheit die neuesten und ertragsstärksten russischen Züchtungsergebnisse dar.

Nutzung

Im Rahmen der vollwertigen Ernährung gewinnt der Verbrauch von und die Nachfrage nach Hirse immer mehr an Bedeutung. Die Versorgung des Marktes erfolgt zu annähernd 100 Prozent durch Importware. Hirse besitzt wertvolle Nährstoffe und einen guten Geschmack. Stärke ist wie bei den anderen Getreidearten das wichtigste Kohlenhydrat im Samen der Rispenhirse. Hirse enthält mehr Fett als die anderen Getreide, davon einen hohen Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren, hinzu kommt der hohe Lezithingehalt. Auch Mineralstoffe sind reichlich enthalten, in der Hauptsache Magnesium, Kalzium, Phosphor, Fluor, Kieselsäure und Eisen. Mit 50 g Hirse

* Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Humboldt-Universität Berlin, Albrecht-Thaerweg 5, 14195 Berlin, E-Mail: roland.hoffmann-bahnsen@agar.hu-berlin.de

lässt sich der Tagesbedarf an Eisen decken. Mit ihren hohen Gehalten an Vitamin A, B1, B2, E ist Hirse für eine gesunde und vollwertige Ernährung unerlässlich. Hirse ist glutenfrei und eignet sich hervorragend für die allergenarme Ernährung. Die Verwendungsmöglichkeit ist vielfältig.

In der tierischen Ernährung sind neben dem ganzen ungeschälten Korn und dem Mehl auch die Nebenprodukte wie Schalen und Stroh gut einsetzbar.

Material und Methoden

Ziel der Untersuchung: 1. Darstellung der ertragsphysiologischen und phänologisch-morphologischen Variabilität des Genotyps 2. Selektion von Sorten und Linien mit stabil hohem Ertrag und gleichzeitig hinreichend kurzer Vegetationszeit zur sicheren Abreife unter ostdeutschen Standortverhältnissen

Berlin	**Orel/Russland**
B: 52°28`N, L: 13°18`E, Parabraunerde, schwach schluffiger lehmiger Sand, gemäßigt atlant.-kont. Übergangsklima, 540mm/a, mittl. Temperatursum. > 10°C von 2450°C	Südwestl. von Moskau im Zentrum der Mittelruss. Platte, B: 52°58`N, L: 36°12`E, degradierter Tschernosem, moderat kontinentales Klima, 566 mm/a, mittl. Temperatursum. >10°C von 2270°C

Randomisierte Blockanlage mit 3 Wiederholungen.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1: Ertrag und Ertragskomponenten der russischen Sorten und Linien am Standort Berlin, Mittelwerte aus 2001 und 2002

Reifegruppe	Sorte/Linie	Anzahl Rispen/m²	Korner-trag/Rispe (g)	Korn-zahl/Rispe	TKG	Ertrag dt ha
Früh	Orlowskij, Karlik	194	195	352	8,0	51,3
	Bystroje	264	265	270	7,2	48,2
mittelfrüh	Dobroje	199	200	305	8,0	51,5
	Krupnoskoroje-2	207	208	274	8,6	46,1
	Krupnoskoroje	196	197	287	9,2	45,5
	Drushnoje	228	229	238	7,6	37,1
	Nadeshnoje	231	232	254	7,1	36,0
mittel	Quartett	174	175	354	7,8	55,1
	Nr. 1923	180	181	359	7,9	52,5
	Blagodatnoje	203	204	283	8,0	51,4
	Nr. 2068	167	168	330	9,7	51,3
	Nr. 2008-2	220	221	328	8,0	50,0
	Wolnoje	212	213	273	8,3	45,7
	Nr. MB 1904	221	222	265	7,6	45,3
	Nr. 1967	169	170	429	7,5	44,2
	Nr. 2161	213	214	189	8,0	32,1
mittelspät	Kornberger	199	200	313	8,5	58,8
	Nr. 1982	213	214	281	9,2	55,9
	Nr. 2194	195	196	342	9,2	54,5
	Nr. 1982-1	207	208	279	8,3	51,6
	Nr. 2202-11	194	195	257	9,4	48,6
	Nr. 2225	205	206	295	8,2	47,4
	Nr. 1980	205	206	308	8,4	45,6
	Nr. 2044	209	210	265	8,0	43,9

Tab. 2: Entwicklungsverlauf in Abhängigkeit vom Standort, Mittelwerte aus 2001 und 2002, Entwicklungsdauer in Tagen

Reife-gruppe	Sorte/Linie	Aussaat - Rispenschieben		Rispenschieben - Reife		Vegetations- periode	
		Berlin	Orel	Berlin	Orel	Berlin	Orel
früh	Orlowskij, Karlik	51	40	51	37	102	77
	Bystroje	47	37	51	37	98	74
mittelfrüh	Dobroje	55	41	52	39	107	80
	Krupnoskoroje-2	53	42	53	40	106	82
	Krupnoskoroje	51	41	54	38	105	79
	Drushnoje	50	42	57	42	107	84
	Nadeshnoje	50	42	54	43	104	85
mittel	Quartett	57	43	51	43	108	86
	Nr. 1923	56	44	52	45	108	89
	Blagodatnoje	57	43	51	43	108	86
	Nr. 2068	58	43	52	43	110	86
	Nr. 2008-2	61	48	51	49	112	97
	Wolnoje	58	47	50	44	108	91
	Nr. MB 1904	61	45	48	43	109	88
	Nr. 1967	60	45	49	49	109	94
	Nr. 2161	57	44	51	44	108	88
mittelspät	Kornberger	60		54		114	
	Nr. 1982	61	44	52	45	113	89
	Nr. 2194	62	46	54	53	116	99
	Nr. 1982-1	61	45	54	45	115	90
	Nr. 2202-11	60	44	53	47	113	91
	Nr. 2225	61	45	52	46	113	91
	Nr. 1980	61	44	53	47	114	91
	Nr. 2044	61	45	52	45	113	90

Die Versuche in 2001 und 2002 am Standort Berlin haben gezeigt, dass alle getesteten Sorten und Linien, sowohl die frühen als auch mittelspäten nach 99-122 Tagen sicher zur Ausreife kommen. Bei einer am Standort Berlin um 1,5 °C bezogen auf die Gesamtvegetationszeit verminderten Tagesmitteltemperatur verlängerte sich die Vegetationszeit um 15 Tage. Im Versuchsmittel der Jahre wurde auf einem Standort mit einer Ackerzahl von 28-32 ein Kornertrag von 47,6 dt ha^{-1} und Maximalerträge zwischen 55-60 dt ha^{-1} erzielt. Die Konkurrenzfähigkeit zu anderen Getreidearten ist gegeben. Eine durch kühle Temperaturen verzögerte Entwicklung führ am Standort Berlin zu verlängerten Phasenlängen und zu einem im Versuchsmittel um 25% höheren Ertrag als am Standort Orel/Russland.

Literatur

HOFFMANN-BAHNSEN, R., 2001: Vergessener Schatz. Die Rispenhirse, eine der ältesten Kulturpflanzen. Bioland, Fachzeitschrift für den ökologischen Landbau, 4, S. 9-10.

PLESSOW, J., 2003: Rispenhirse (Panicum miliaceum) Perspektiven und Potentiale ihrer Kultivierung in Ostdeutschland unter Berücksichtigung des osteuropäischen Genotypenbestandes. Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 34–37 (2003)

Saatgutqualität und Etablierung von *Panicum virgatum* (Switchgrass)

Cord-Henrich Treseler und Ralf Pude*

Einleitung

Switchgrass (*Panicum virgatum*), deutsch Rutenhirse, ist ein mehrjähriges C4-Gras, dessen natürliches Verbreitungsgebiet sich von der mexikanischen Karibikküste über die Prärie Nordamerikas bis nach Kanada hinein erstreckt. Die große genetische Breite der Switchgrass-Herkünfte erklärt die gute Anpassung an unterschiedliche Klima- und Bodenverhältnisse. Als eines der Hauptgräser der Great Planes sind die meisten Herkünfte an warme, sommertrockene Standorte angepasst. Das stark ausgebildete und tief reichende Wurzelwerk erschließt der Pflanze auch tief im Boden liegende Wasserreserven. Der Anbau auf marginalen Standorten in Verbindung mit einer relativ hohen Biomasseproduktion prädestiniert Switchgrass als nachwachsenden Rohstoff.

In den USA und in Kanada hat man Switchgrass als eine der vielversprechendsten Energiepflanzen identifiziert. Zur Ethanolerzeugung, Gasgewinnung oder Verfeuerung in Kohlekraftwerken wird Switchgrass schon in großem Maßstab angebaut. JANNASCH et al. (2001) haben die Energieeffizienz verschiedener Verfahren zur Nutzung von Switchgrass-Biomasse untersucht. Verglichen wurde die nutzbare Energie nach Herstellung von Pellets und Ethanol sowie nach Verfeuerung in Kohlekraftwerken. Demnach enthalten Pellets noch 88% der ursprünglichen Biomasse-Energie. Im Bioethanol-Verfahren werden nur 31% und in der Co-Verfeuerung nur 25% genutzt. Pellets stellen demnach den effektivsten Energieträger dar, jedoch wird die Form des Energieträgers oft durch den Einsatzbereich bestimmt, mit Pellets ist es eben etwas schwieriger Autos zu fahren. Neben der energetischen Nutzung ist Switchgrass auch als Futterpflanze brauchbar. Die Bestände können beweidet werden oder zur Heuwerbung bzw. Silagegewinnung dienen.

Im "European Switch Grass project" wurde zum ersten mal auf breiter Basis die Anbauwürdigkeit von Switchgrass für den europäischen Raum untersucht, wobei die Nutzung als Energie- oder Faserpflanze im Vordergrund stand. Im Rahmen dieses Netzwerkes fanden an der Universität Hohenheim Untersuchungen zu Etablierung, Bestandsführung und Ertragspotential statt. Einige bekannte Probleme wie die oft hohe Dormanz des Saatgutes und eine problematische Jugendentwicklung wurden auch von LEWANDOWSKI (1998) beobachtet. Erfreulich ist, dass die Erträge in Hohenheim mit 12 bis 17 t TM im 3. Wuchsjahr durchaus mit denen vergleichbarer Standorte in den USA und Kanada sind.

Um Probleme der Etablierung näher zu untersuchen und weitere Möglichkeiten der stofflichen Nutzung von Switchgrass zu identifizieren, wurden am Kompetenzzentrum Gartenbau bei Rheinbach Versuche angelegt. Der Frage, ob es ökonomisch sinnvoll ist, Switchgrass durch Pflanzung von Setzlingen oder Rhizomen sicher und schnell etablieren zu können, wird in diesem Zusammenhang auch nachgegangen.

Material und Methoden

Versuche zur Saatgutqualität: Um die Dormanz des Saatgutes zu überwinden wurden zwei verschiedene Methoden zur Verbesserung der Keimfähigkeit untersucht.

*Institut für Gartenbauwissenschaft, Auf dem Hügel 6, D-53121 Bonn, Universität Bonn

Es wurden im Frühjahr 2003 die 3 Sorten Blackwell [BW], Cave in Rock [CIR] und Trailblazer [TB] in dreifacher Wiederholung mit jeweils 100 Samen, auf ihre Keimfähigkeit getestet. Unterschiede in den Stratifikations-Methoden lagen darin, dass einerseits trockenes Saatgut bei -18°C für 7 bzw. 14 Tage eingefroren wurde, andererseits das Saatgut in einem +4°C kalten Kühlraum vorgekühlt und gewässert wurde. Bei dieser "Nasskalten Stratifikation" (nach WOLF und FISKE, 1996) ließ man nach 24 Stunden das freie Wasser abtropfen. Das Saatgut blieb danach 18, 25 bzw. 33 Tage lang im Kühlraum. Durch Trocknen wurde das Saatgut anschließend für die Saat bzw. die Keimfähigkeitsprüfung vorbereitet. Als Kontrolle diente jeweils eine Variante mit unbehandelten Saatgutes mit. Die Auszählung der Keimlinge erfolgte 28 Tage nach der Saat.

Versuche zur Etablierung: In Vorversuchen konnte im Jahr 2002 nachgewiesen werden, dass sich verschiedene Switchgrass-Sorten in Aufgang und Bestandesentwicklung sehr stark unterscheiden können. Um diesen Sortenunterschieden weiter nach zu gehen wurde im November 2002 ein Sortenversuch in Rhizompflanzung angelegt. Die Versuchsfläche am Kompetenzzentrum Gartenbau ist mit Ackerzahlen von 90 sehr gut bewertet, jedoch liegen die Niederschlagsmengen in diesem Jahr bisher wesentlich unter dem Langjährigen Mittel. Die 16 Sorten unterscheiden sich in Überwinterungsrate und Wuchsverlauf. Erste Ergebnisse dieses Versuches werden auf der Pflanzenbautagung vorgestellt.

Neben der vorwinterlichen Rhizompflanzung wurde auch eine Pflanzung mit Setzlingen für einen Bestandesdichtenvergleich mit 2, 4 und 6 Pflanzen / m² angelegt (April ´03). Diese Pflanzen wurden ab dem März 2003 im Gewächshaus des Versuchsgutes Marhof aus Samen angezogen. Um geeignete Termine für die Aussaat von Switchgrass zu finden, wurden in den Monaten März bis Juni 2003 Parzellenversuche angelegt.

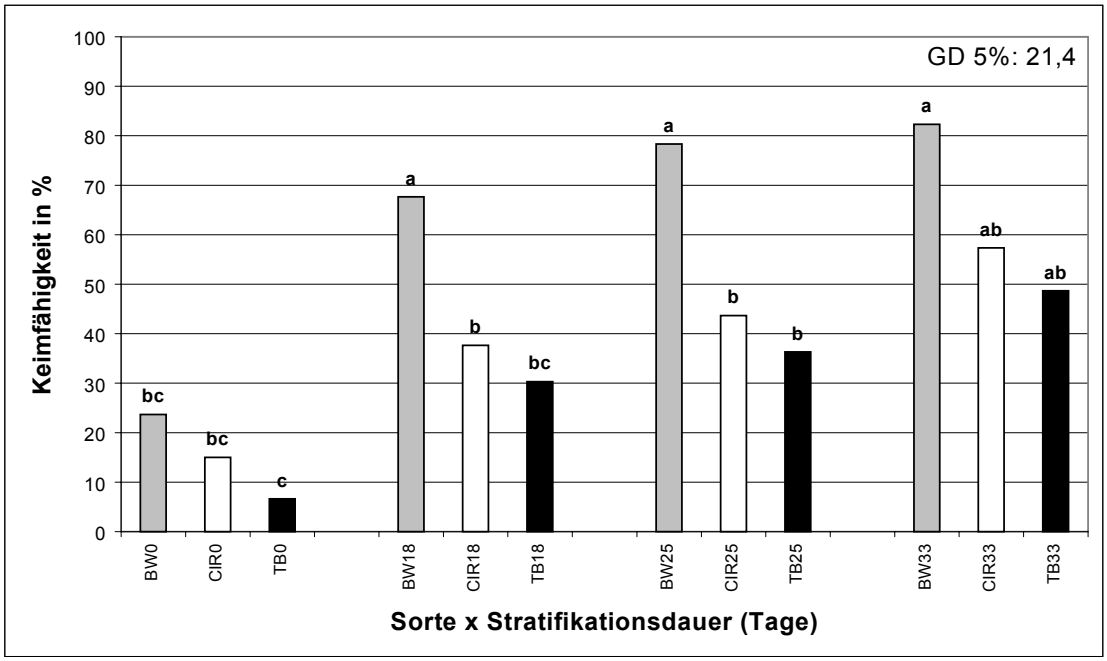
Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Stratifikation bei -18°C waren unbefriedigend. Es konnten durch Einfrieren des Saatgutes keine signifikanten Verbesserungen der Keimfähigkeit erzielt werden. In einigen Fällen war der Aufgang gegenüber der Kontrolle sogar schlechter. Daher ist nicht davon auszugehen, dass der reine Kältereiz für eine Verbesserung der Keimfähigkeit verantwortlich ist.

Bei der "Nasskalten Stratifikation" konnte die Keimfähigkeit aller drei Sorten verbessert werden. Je länger die Stratifikation durchgeführt wurde, desto höher war die Anzahl gekeimter Samen (siehe Abb. 1). Allerdings traten zwischen Sorte und Stratifikationsdauer Wechselwirkungen auf.

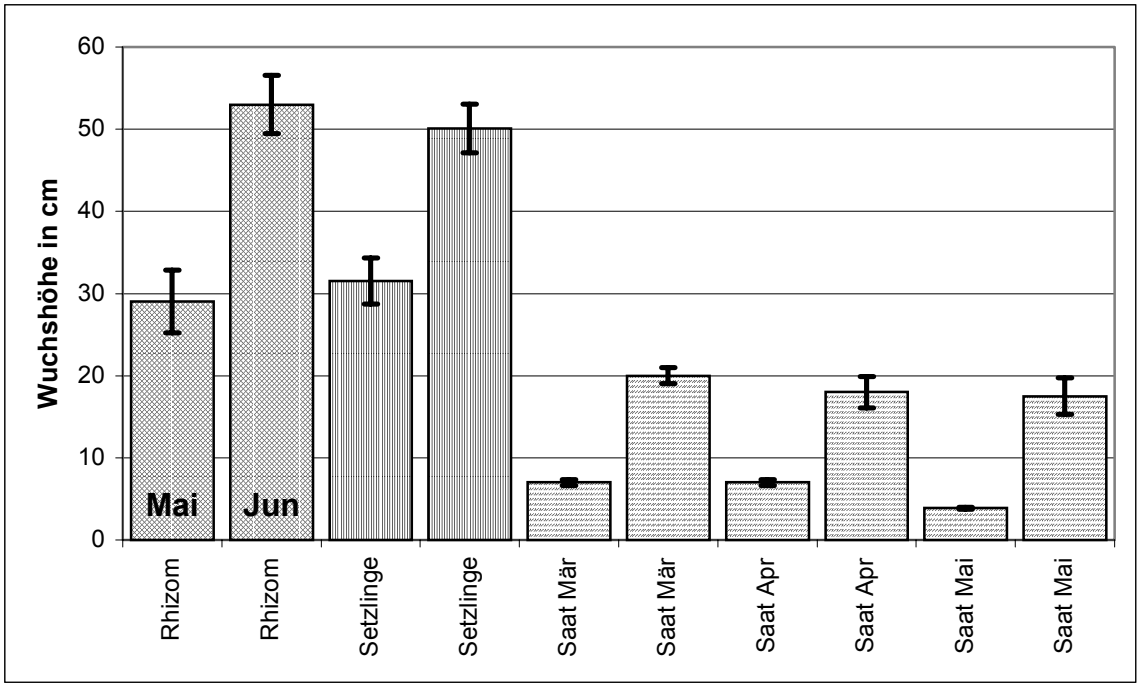
Abgesehen von der Kontrolle weisen die Sorte Blackwell und alle Sorten nach 33 Tagen Stratifikation die signifikant höchste Keimfähigkeit auf. Bei allen übrigen Stratifikationsvarianten zeigen die Sorten Cave in Rock und Trailblazer sowie die Kontrollvarianten von Blackwell und Cave in Rock eine mittlere Keimfähigkeit. Einzige Ausnahme bildet Trailblazer in der Kontrolle mit einer sehr geringen Keimfähigkeit.

Abb. 1: Einfluss der "Nasskalten Stratifikation" auf die Keimfähigkeit von Switchgrass-Sorten



Die Etablierung von Switchgrass durch Saat ist sicherlich die wirtschaftlichste Methode. Aufgrund der geringen Keimfähigkeit könnten alternative Verfahren, wie zum Beispiel die Anzucht von Setzlingen oder das Auslegen von Rhizomen sichere Alternativen darstellen. Dies könnte die Möglichkeit eröffnen, Bestände schneller in die Ertragsphase zu bringen. In Abbildung 2 werden diese Etablierungsverfahren anhand der Sorte Cave in Rock verglichen. Ein wichtiger Ertragsparameter neben der Triebzahl pro Pflanze ist die Wuchshöhe. Mit dieser Maßzahl lässt sich die Entwicklung der Bestände sehr gut beschreiben und vergleichen. Obwohl die Rhizome schon am 21. November 2002 gepflanzt wurden und somit einen sehr guten Bodenschluss hatten, sind kaum Unterschiede in der Wuchshöhe zu den erst am 23. April 2003 gepflanzten Setzlingen festzustellen. Gründe hierfür könnten im strengen Winter und der Trockenheit im Frühjahr zu finden sein. Zur Pflanzung im April waren die Rhizome kaum ausgetrieben, während die Setzlinge bereits eine durchschnittliche Wuchshöhe von 10-15 cm hatten. Aufgrund der Reservestoffe haben Rhizome die Fähigkeit schneller auszutreiben als Setzlinge, welche zunächst mit Wuchsdepression auf die Verpflanzung reagieren. Aufgrund dieser Umstände ist ab Mai eine ähnliche Entwicklung der Wuchshöhe zu beobachten. Die Wuchshöhe der gesäten Varianten liegt auf wesentlich niedrigerem Niveau. Erstaunlicher Weise zeigen sich bei alle Saatterminen ähnliche Wuchshöhen. Dies ist nicht verwunderlich, da von März bis Mai kaum Niederschläge gefallen sind. Der Auflauf der März- und April- Saaten fiel mit Niederschlägen kurz vor der Maiaussaat zusammen. Die weitere Entwicklung der Bestände ist abzuwarten, weitere Ergebnisse zu diesem Vergleich werden auf der Tagung präsentiert.

Abb. 2: Etablierungsversuch von Cave in Rock; Bonitur der Wuchshöhe im Mai und Juni 2003



Literatur

JANNASCH, R., SAMSON, R., DE MAIO, A., ADAMS, T. and C. HO LEM, 2001: "Changing the energy climate: clean and green heat from grass biofuel pellets". www.reap-canada.com/Reports/AECL.htm. Climate Change 2: Canadian Technologiy Development Conference. Canadian Nuclear Society, Toronto, Oct. 3-5, 2001.

LEWANDOWSKI, I., 1998: European Energy Corps *Inter*Network; Dec 14 1998: "Switchgrass (*Panicum virgatum*) as a biomass crop in southern Germany compared to *Miscanthus x giganteus*". http://btgs1.ct.utwente.nl/eeci/info/biobase/b10432.html.

WOLF, D.D. and D.A. FISKE, 1996: Virginia Cooperative Extension. "Planting and Managing Switchgrass for Forage, Wildlife and Conservation". www.ext.vt.edu/pubs/forage/418-013/418-013.html. Publication Number 418-013, June 1996.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 38–41 (2003)

Ergebnisse bei der Anwendung des Betriebsbilanzierungsmodells REPRO in Referenzbetrieben von Rheinland-Pfalz

J. Rücknagel*, K.-J. Hülsbergen** und O. Christen**

Einleitung

Weltweit wird an der Ableitung von Nachhaltigkeitsindikatoren sowie ihrer Einbindung in komplexe Modelle gearbeitet (z.B. LEWIS & BARDON 1998, BOSSHARD 2000, SANDS & PADMORE 2000). Der Bedarf an praxisanwendbaren Indikatorensystemen wird künftig weiter steigen, bedingt durch die vom Verbraucher und der Ernährungsindustrie geforderte Transparenz sowie die Bemühungen der Agrar-Umweltpolitik, Transferleistungen stärker an nachprüfbare Umweltkriterien zu knüpfen.

Der zunehmende Bedarf an Indikatorenmodellen sowie viele noch ungelöste methodischen Fragen auf diesem Gebiet waren der Anlass für die Entwicklung des Betriebsbilanzierungsmodells REPRO (HÜLSBERGEN 2003). Dieses Modell weist Besonderheiten auf, die es von anderen Konzepten deutlich unterscheidet: REPRO erlaubt es, den Landwirtschaftsbetrieb als System vernetzter Stoff- und Energieflüsse zu beschreiben. Die Indikatoren werden nicht mehr isoliert abgebildet, sondern stehen in Beziehung zueinander. Ein wesentliches Entwicklungsziel bestand darin, den Analyse- und Bewertungsansatz in eine praxisanwendbare Software zu überführen.

Im Rahmen eines vierjährigen Projektes[1] steht die Aufgabe, das Modell REPRO an die spezifischen Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen einer Ackerbauregion des Landes Rheinland-Pfalz anzupassen und die Praxiseignung zu prüfen.

Material und Methoden

Im ersten Bearbeitungsschritt wurden 12 Referenzbetriebe im Rheinhessischen Tafel- und Hügelland ausgewählt. Die Betriebsgrößen liegen zwischen 41 und 110 ha mit 15 bis 90 Ackerschlägen. Die Datenaufzeichnung der Landwirte erfolgt zum einen Teil (8 Landwirte) handschriftlich in vorgefertigten Schlagkarteiblättern oder eigenen Formularen. In 4 Betrieben werden elektronische Schlagkarteien geführt. Im Jahr 2002 erfolgte die Aufnahme und Verarbeitung der Daten rückwirkend für die Erntejahre 1999-2001. Es wurden detaillierte Standort- und Bewirtschaftungsdaten erfasst und modellgestützte Analysen zum Stoff- und Energiehaushalt durchgeführt. Beispielhaft werden die Indikatoren Fruchtartendiversität (Shannon-Weaver-Index), Flächenbezogener N-Saldo (HÜLSBERGEN 2003) , Humusversorgung (LEITHOLD et al. 1997) und Energieintensität (HÜLSBERGEN et al. 2001) dargestellt.

Die Bewertung erfolgt mit Bewertungsfunktionen, die für Ackerbaubetriebe des mitteldeutschen Trockenlößgebietes abgeleitet wurden (HÜLSBERGEN et al. 2002), ihre Übertragbarkeit auf die Bedingungen in Rheinland-Pfalz wird geprüft.

[1] Gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz

* Landesanstalt f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Essenheimer Str. 144, 55128 Mainz

**Institut f. Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Fakultät, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle(Saale)

Ergebnisse und Diskussion

Das Anbauspektrum der Betriebe ist deutlich marktfruchtorientiert. Sie erzeugen auf 20-45% ihrer Ackerfläche Winterweizen und auf 10 bis 70% Sommergerste. Wesentlich für die Region ist auch der Anbau von Zuckerrüben. Er beträgt im Mittel 20% der Anbaufläche. Der Zwischenfruchtanbau vor Zuckerrüben und Sommergerste variiert zwischen den Betrieben sehr stark und hat einen Anteil von bis zu 90%. Weitere Kulturen sind Winterraps, Wintergerste, Winterroggen und Sonnenblumen. Trotz der starken Orientierung auf die Produktion von Marktfrüchten nimmt die Fruchtartendiversität unter Einbezug des Zwischenfruchtbaus mittlere bis hohe Werte an.

Von den Betrieben wirtschaften 9 viehlos. Ein Landwirt betreibt intensive Mastschweinehaltung (2,6 GV/ha). Zwei weitere Betriebe unterhalten Pensionspferde in einem Umfang von 0,2-0,3 GV/ha.

Tab. 1: Indikatoren, Analyseergebnisse und Bewertung

Indikator	Einheit	Analyseergebnis			Bewertung	
		Mittel	von	bis	von	bis
Tierbesatz	GV ha^{-1}	0,3	0,2	2,6	0	0,54
Fruchtartendiversität	Index	1,69	1,02	2,05	0	0,85
Humusversorgung	%	92	60	156	0,14	1,0
N-Saldo	kg N ha^{-1}	55	28	125	0,25	1,0
Energieintensität	MJ GE^{-1}	143	108	224	0,88	1,0

Die Stickstoffbilanz der meisten (8) Betriebe liegt unterhalb des Zielwertes von 50 kg N/ha. Drei Betriebe haben geringfügig höhere N-Salden. Nur der Betrieb mit intensiver Mastschweinehaltung weist bei einem Saldo von 125 kg N ha^{-1} einen größeren Überschuss auf. Die P- und K- Salden sind oft negativ. Dies liegt vor allem in der sehr guten Versorgungssituation der Böden begründet. Der Schweinemastbetrieb hat einen hohen K-Saldo.

Seine Humusversorgung ist ebenfalls über dem angestrebten Reproduktionsniveau von 90-110%. Etwa die Hälfte der Referenzbetriebe hat eine ausgeglichene Humusversorgung. Dies liegt an einem angemessenen Zwischenfruchtbau und dem teilweisen Zukauf von Wirtschaftsdüngern. In den Betrieben ohne oder mit nur geringfügigem Anbau von Zwischenfrüchten in Verbindung mit einem hohen Anbauanteil Zuckerrüben ist die Humusreproduktion nur zu 60-90% gegeben.

Die Energieintensität ist nur beim Schweinemastbetrieb durch den höheren Aufwand beim Transport und der Ausbringung sowie der notwendigen zusätzlichen Einarbeitung der organischen Dünger über dem angestrebten Bereich von 200 MJ/GE. Alle anderen Betriebe haben insbesondere durch Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat deutlich niedrigere Energieintensitäten.

Abgesehen von dem Betrieb mit intensiver Schweinehaltung haben die Betriebe eine für die Region typische Betriebsstruktur. Ihr Nährstoffkreislauf (Abb. 1) ist durch die fehlende Tierhaltung stark eingeschränkt. Innerbetriebliche Nährstoffflüsse beziehen sich ausschließlich auf die Rückführung von Stroh- / Gründüngung.

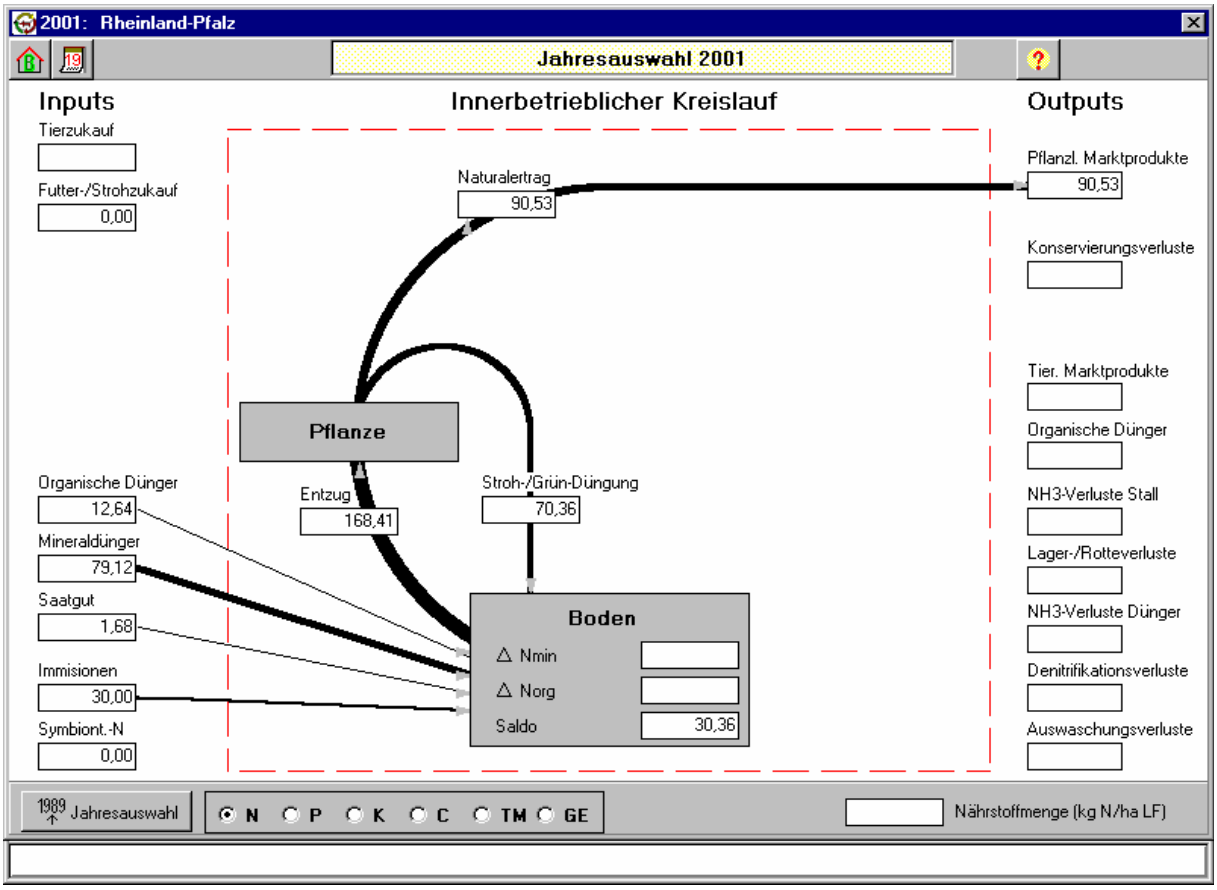


Abb. 1: Graphische Darstellung eines typischen betrieblichen Stoffkreislaufs

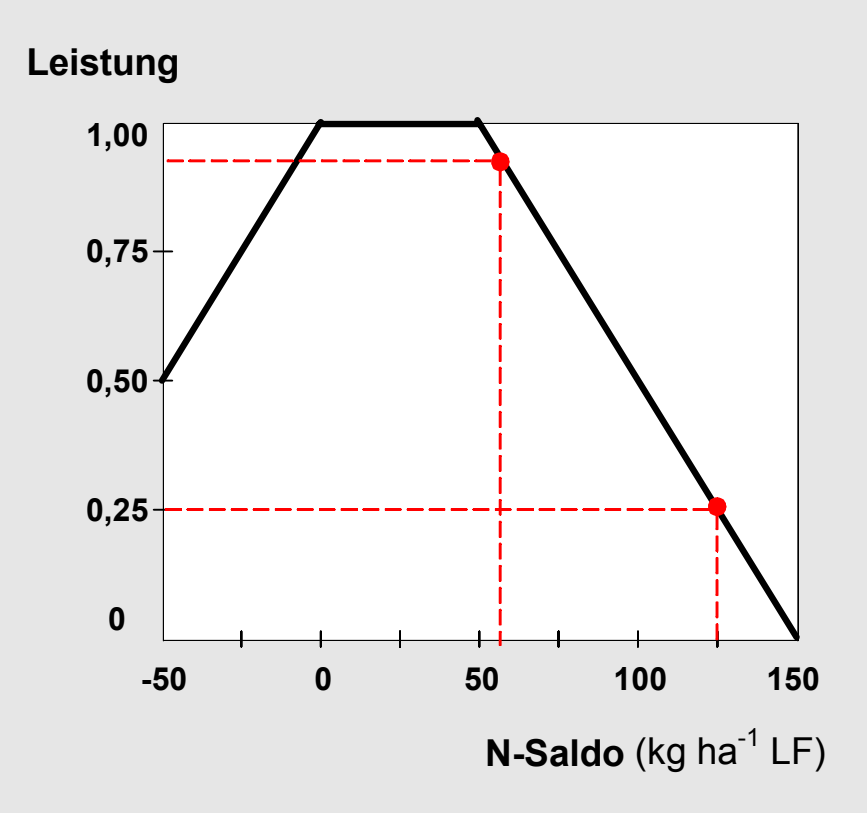


Abb. 2: Bewertungsfunktion für den Indikator „Flächenbezogener N-Saldo“

Anhand des flächenbezogenen N-Saldos ist in Abb. 2 die Bewertungsfunktion dargestellt. Sie erlaubt es außerhalb des eigentlichen Zielbereiches von 0-50 kg N-Saldo ha^{-1} eine allmähliche Abstufung der Bewertung vorzunehmen. Der typische Rheinhessische Marktfruchtbetrieb mit einem mittleren N-Saldo von 55 kg N ha^{-1} erhält eine Leistungsbewertung von 0,90 während dem intensiv viehhaltenden Betrieb mit einem N-Saldo von 125 kg N ha^{-1} eine Leistungsbewertung von 0,25 zugeordnet wird.

Die Referenzbetriebe zeigen insgesamt eine nachhaltige Wirtschaftsweise (Tab. 1), bei der es aber in einzelnen Betrieben und bei einzelnen Zielwerten zu Abweichungen kommen kann. Die Berechnungen mit dem Modell REPRO geben den Betrieben die Möglichkeit durch Schwachstellenanalyse und Simulation alternativer Verfahrensweisen ihre Produktion zu optimieren.

Der erste Abschnitt des Projektes war von großem Interesse der Betriebsleiter der Referenzbetriebe begleitet. Die Kleinstrukturierung der Landwirtschaft führte aber zumindest bei handschriftlicher Aufzeichnung und bei hohen Schlaganzahlen zu einem erhöhten Aufwand bei der Datenübernahme. Insgesamt zeigen die ersten Ergebnisse eine gute Anwendbarkeit in Rheinland-Pfalz.

Im weiteren Verlauf des Projektes ist es vorgesehen die Bewirtschaftungsdaten der Jahre 2002/03 zu erheben und in die Bewertung einzubeziehen sowie mit Hilfe detaillierter Boden-, Relief- und Witterungsdaten in Teilen der Betriebe Berechnungen zur Erosionsgefährdung und der Nitratverlagerung durchzuführen. Die Ermittlung von Druck-Setzungskurven, der Vorbelastung und weiterer bodenphysikalischer Größen auf Praxisschlägen der Referenzbetriebe und in regionalen Versuchen zur Bodenbearbeitung soll zur Weiterentwicklung einzelner Modellkomponenten des Bodenschutzes dienen.

Literatur

Bosshard, A. (2000): A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. Agriculture, Ecosystems & Environment 77, 29-41.

Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwirtschaft. Shaker Verlag Aachen.

Hülsbergen, K.-J., B. Feil, S. Biermann, G.-W. Rathke, W.-D. Kalk & W. Diepenbrock (2001): A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. Agriculture, Ecosystems & Environment 86, 303-321.

Hülsbergen, K.-J., O. Christen, F. Holz, E. Schüler, W. Nehring & U. Kamm (2002): REPRO bewertet die Landwirtschaft. Neue Landwirtschaft 12/2002, 34-37.

Leithold, G., K.-J. Hülsbergen, D. Michel & H. Schönmeier (1997): Humusbilanzierung – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt [Hrsg.]: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion – Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Zeller Verlag Osnabrück, S. 43-55.

Lewis, K.A. & K.S. Bardon (1998): A computer-based informal environmental system for agriculture. Environmental Modelling & Software 13, 123-137.

Sands, G.R. & T.H. Podmore (2000): A generalized environmental sustainability index for agricultural systems. Agriculture, Ecosystems & Environment 79, 29-41.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 42–45 (2003)

Bewertung von Anbausystemen des integrierten und ökologischen Landbaus unter den Bedingungen des mitteldeutschen Trocken-Lößgebietes in einem Dauerfeldversuch

F. Reinicke, K.-J. Hülsbergen, O. Christen*

Einleitung

Eine umweltgerechte und ressourcenschonende Erzeugung gesunder Nahrungsmittel stellt hohe Anforderungen an die Gestaltung landwirtschaftlicher Produktionsprozesse. Dazu bedarf es an entsprechenden Exaktversuchen, um praxisnahe Bewirtschaftungssysteme in ihrer Langzeitwirkung auf biotische und abiotische Produktionsfaktoren zu untersuchen. Es muss eine ganzheitliche Systemanalyse einbezogen werden, um das Gesamtverhalten, begrenzende Rahmenbedingungen und Optimierungsmöglichkeiten bestimmen zu können. Unter derartigen Problemstellungen laufende Versuche sind bisher nur in Ansätzen verwirklicht.

Seit 1998 wird auf dem Versuchsfeld der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Bad Lauchstädt ein Feldversuch mit dieser Fragestellung für integrierten und ökologischen Landbau unter den Standortbedingungen des mitteldeutschen Trocken-Lößgebietes durchgeführt. Im Mittelpunkt stehen hierbei die Analyse und Bewertung viehhaltender und viehloser Betriebsformen unter dem Einfluss differenzierter Grundbodenbearbeitung.

Material und Methoden

Das Versuchsfeld befindet sich am Ostrand der Querfurter Platte im Schwarzerdegebiet Sachsen-Anhalts (Ackerzahl 92-95). Das Klima wird durch die Regenschattenwirkung des Harzes bestimmt. Im 30-jährigen Mittel betrug die jährliche Niederschlagsmenge 463 mm und die mittlere Jahrestemperatur 9,0 °C. Der Versuch wurde als dreifaktorielle, zweistufige Spaltanlage mit 4 Wiederholungen für integrierte und ökologische Versuchsdurchführung angelegt.

Prüffaktor A) Fruchtart:
- A1: Klee-Luzerne-Gras
- A2: Silomais bzw. Kartoffeln
- A3: Winterweizen
- A4: Wintergerste
- A5: Erbsen
- A6: Winterroggen

Jedes Jahr kommen alle Fruchtarten zum Anbau, wobei sie in der Reihenfolge der Stufen rotieren. In Stufe A2 wird zwischen viehhaltenden (Silomais zur Futtergewinnung) und viehlosen (Kartoffeln als Marktfrucht) Betriebsformen differenziert.

Prüffaktor B) organische Düngung:
- B1: Stallmist
- B2: Stroh- und Gründüngung

In den viehhaltenden Systemen werden Klee-Luzerne-Gras sowie Getreidestroh geerntet, in den viehlosen Systemen als Stroh- und Gründüngung genutzt. Die Rückführung der organischen Substanz bei Viehhaltung in Form von Stallmist zu Silomais und Wintergerste orientiert sich an einem simulierten Tierbesatz von 1 GV/ha. In Abhängigkeit von Futter- und Einstreuaufkommen wird der Stalldunganfall berechnet. In der Startphase des Versuches wurden einheitlich 70 kg N/ha als Stallmist appliziert.

* Institut für Acker und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität 06108 Halle/Saale

Prüffaktor C) Bodenbearbeitung: C1: Pflug
C2: Grubber bzw. Zweischichtenpflug

Die Bearbeitungstiefen richten sich nach den Ansprüchen der Fruchtarten und den jeweiligen Bodenbedingungen.

Maßnahmen zur Bestandespflege und zum Pflanzenschutz werden in Abhängigkeit von den aktuellen Situationen in den einzelnen Systemen bestimmt. Die vielfältigen Daten werden mit Hilfe des Modells REPRO (HÜLSBERGEN 2002) verwaltet und ausgewertet. Die Systeme werden mittels Stoff- und Energiebilanzen komplex bewertet. Anhand der simulierten Milchkuhherde kann hier der Nährstofftransfer zwischen den Systemebenen Boden-Pflanze-Tier berücksichtigt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Erträge der Fruchtarten in Abhängigkeit von den geprüften Anbausystemen sind in Tabelle 1 dargestellt. Aufgrund der günstigen Standortbedingungen lagen sie auf hohem Niveau. Für eine ökologische Bodennutzung können die Ergebnisse Aufschluss über die Umstellungsphase auf diese Bewirtschaftungsweise geben. So konnten im Vergleich zur integrierten Bewirtschaftung (= 100 %) nach 4-jähriger Versuchsdurchführung im Mittel bei Klee-Luzerne-Gras 108 %, Silomais 87 %, Kartoffel 72 %, Winterweizen 74 %, Wintergerste 66 %, Erbsen 96 % und Winterroggen 81 % des Ertrages realisiert werden.

Tab. 1: Mittlere Fruchtartenerträge in den Anbausystemen (1999-2002)

Fruchtart	viehhaltend				viehlos				Grenz-differenz
	Pflug		ZSP **		Pflug		ZSP **		
integriert									
Klee-Luzerne-Gras	631,9	a	652,1	a	664,8	a	662,9	a	41,4
Silomais	441,0	a	412,5	b	-		-		14,1
Kartoffel	-		-		406,5	a	399,9	a	20,4
Winterweizen*	71,6	b	71,4	b	74,9	a	75,4	a	2,9
Wintergerste*	86,4	a	81,9	b	82,4	ab	75,9	c	4,1
Erbsen*	35,2	a	32,4	b	35,0	a	33,6	ab	1,8
Winterroggen*	62,8	b	66,6	a	65,0	ab	67,7	a	3,4
ökologisch									
Klee-Luzerne-Gras	692,3	b	700,5	ab	702,0	ab	728,6	a	29,2
Silomais	374,7	a	364,8	a	-		-		13,0
Kartoffel	-		-		295,0	a	289,0	a	16,2
Winterweizen*	48,9	b	44,9	c	61,1	a	61,5	a	2,9
Wintergerste*	60,3	a	59,2	a	50,6	b	46,3	c	2,8
Erbsen*	33,7	a	33,0	a	31,8	a	32,1	a	2,3
Winterroggen*	51,8	b	56,0	a	52,5	b	52,6	b	3,3

* bei 86 % TS
** Zweischichtenpflug

Innerhalb der Subsysteme reagierten die einzelnen Fruchtarten differenziert auf die jeweilige Bodennutzung. So lagen beispielsweise die Erträge bei Winterweizen in den Marktfruchtsystemen im Mittel der Bodenbearbeitung 5 % (integriert) bzw. 30 % (ökologisch) höher als in den Futterbausystemen. Hier überlagerten vor allem Einflüsse der unterschiedlichen Vorfrucht (Nährstoffnutzung, Bodengefüge, Mineralisation, Wasserhaushalt, u.a.) die Effekte der Prüffaktoren.

Wintergerste dagegen erzielte in den Futterbausystemen durch die direkte Stallmistapplikation einen Mehrertrag von 6 % (integriert) bzw. 23 % (ökologisch) im Vergleich zu den Marktfruchtsystemen im Mittel der Bodenbearbeitungssysteme.

Reduzierte Bodenbearbeitung wies vorwiegend einen Ertragsrückgang aus.

Zusätzlich ist festzustellen, dass in den integrierten Varianten eine angepasste Mineralstickstoffdüngung, die den systemimmanenten pflanzenverfügbaren Bodenstickstoff (N_{min}-Analyse + Nitrattest) berücksichtigt, Unterschiede in den Anbausystemen nicht ausgleichen konnte.

Durch die Angabe der Erträge in Getreideeinheiten (GE) werden die verschiedenen Fruchtarten und –folgen mit einander vergleichbar (Abb. 1 und 2). Entgegen anderen Anbauvergleichen konnten unter den gegebenen Standortbedingungen für die untersuchten Fruchtfolgen bei ökologischer Bewirtschaftung 80 % der Ertragsleistungen der integrierten Bewirtschaftung erreicht werden. Für die ersten Versuchsjahre zeigte sich dabei ein stetiger Ertragszuwachs.

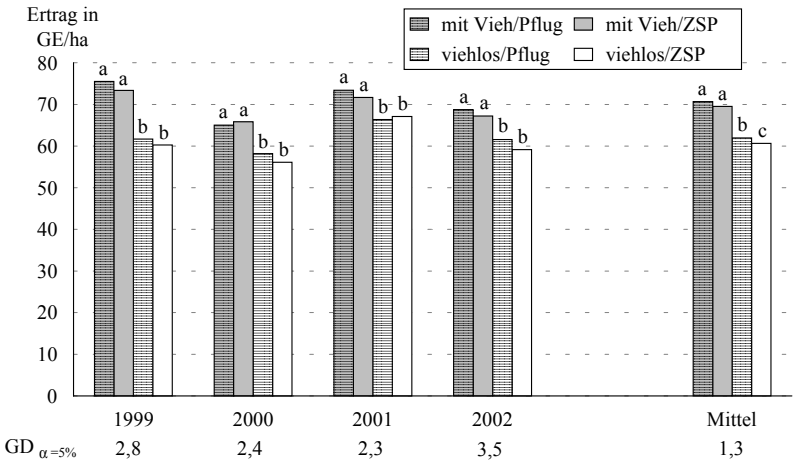


Abb. 1: Entwicklung der Fruchtfolgeerträge in den integrierten Anbausystemen umgerechnet in Getreideeinheiten (GE) je Hektar

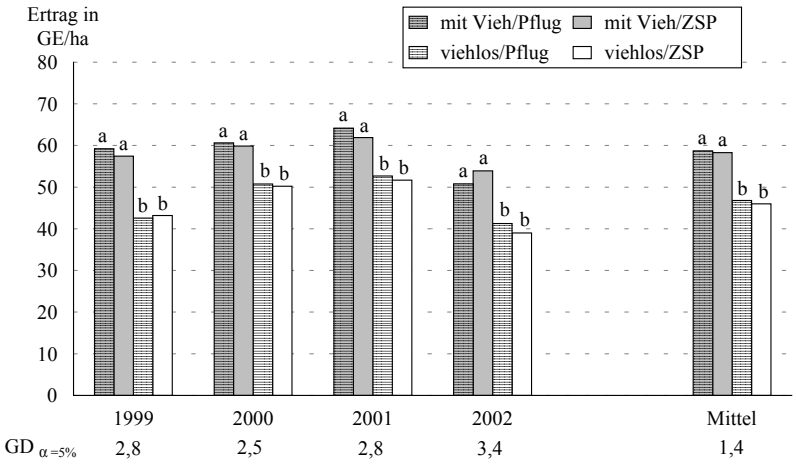


Abb. 2: Entwicklung der Fruchtfolgeerträge in den ökologischen Anbausystemen umgerechnet in Getreideeinheiten (GE) je Hektar

Unterschiedliche Produktionsausrichtung von viehhaltenden und viehlosen Systemen und somit eine differenzierte Nutzung des Naturalertrages (Klee-Luzerne-Gras und Getreidestroh) bestimmten die Höhe der pflanzlichen Erzeugung.

Ausgehend davon sind in Tabelle 2 die Erträge unter Berücksichtigung der innerbetrieblichen Verwendung, bezogen auf die tatsächliche Marktproduktion dargestellt. Bei der Angabe der Betriebsergebnisse in Energie- bzw. Rohproteinertrag zeigten sich aufgrund des Verlustprozesses der tierischen Veredlung entgegengesetzte Effekte zwischen diesen Betriebsformen.

Die umfangreichen Daten werden zu einer integrativen Gesamtbewertung der geprüften Anbausysteme zusammengefasst. Der Systemansatz in der Versuchsgestaltung erlaubt dabei die Darstellung des gesamten Betriebskreislaufes. In Tabelle 3 sind die untersuchten Varianten mittels Stoff- und Energiebilanzkoeffizienten gegenübergestellt.

Tab. 2: Marktleistung in Abhängigkeit der systembedingten Verwendung im Mittel der Versuchsjahre (1999-2002)

Indikator	ME	integriert				ökologisch			
		viehhaltend		viehlos		viehhaltend		viehlos	
		Pflug	Grubber	Pflug	Grubber	Pflug	ZSP **	Pflug	ZSP **
Bruttoertrag	GE/ha	71,8	70,5	78,1	76,5	60,0	59,5	63,0	62,6
Stroh- und Gründüngung	GE/ha	1,1	1,0	16,1	15,9	1,2	1,2	16,2	16,6
Ernteertrag	GE/ha	70,7	69,5	62,0	60,7	58,7	58,3	46,8	46,0
Futter- und Einstreu	GE/ha	33,0	32,0	0,0	0,0	33,5	33,2	0,0	0,0
pflanzl. Marktproduktion	GE/ha	37,7	37,5	62,0	60,7	25,2	25,1	46,8	46,0
Futterzukauf *	GE/ha	3,4	4,3	0,0	0,0	3,1	3,4	0,0	0,0
tier. Marktproduktion *	GE/ha	43,7	43,7	0,0	0,0	40,5	40,5	0,0	0,0
Netto-Marktproduktion	**GE/ha**	**78,0**	**76,9**	**62,0**	**60,7**	**62,6**	**62,2**	**46,8**	**46,0**
	GJ/ha	**67,6**	**67,3**	**94,7**	**93,0**	**47,5**	**47,3**	**71,3**	**70,0**
	kg XP/ha	**406,6**	**369,1**	**605,7**	**581,9**	**272,8**	**268,1**	**420,0**	**403,5**

* simulierte Werte

In der Humusbilanz wird die stärkere Bedeutung der organischen Substanz bei der Pflanzenernährung im ökologischen Landbau deutlich. Die Erzeugung von Stallmist mittels der Tierhaltung wirkte sich positiv auf den Humussaldo aus.

Der Stickstoffsaldo zeigte sich für alle Systeme sehr günstig. Ökologische Bodennutzung bzw. Schnittnutzung erhöhte die Stickstofffixierungsleistung der Leguminosen in der Fruchtfolge.

Die Höhe der Naturalerträge bestimmten die Ergebnisse der Energiebilanzen.

Tab. 3: Ausgewählte Bilanzwerte der Anbausysteme (1999-2002)

Indikator	ME	integriert				ökologisch			
		viehhaltend		viehlos		viehhaltend		viehlos	
		Pflug	Grubber	Pflug	Grubber	Pflug	ZSP	Pflug	ZSP
Humusbedarf	HE/ha	-0,46	-0,42	-0,51	-0,43	-0,69	-0,69	-0,75	-0,69
Humusersatz	HE/ha	1,19	1,18	1,03	0,94	1,22	1,22	0,98	0,96
Humussaldo	**HE/ha**	**0,73**	**0,76**	**0,53**	**0,51**	**0,53**	**0,54**	**0,24**	**0,27**
N-Entzug	kg/ha	169,5	163,0	177,1	167,4	142,9	144,7	145,0	142,0
N-Zufuhr	kg/ha	249,7	249,8	239,9	234,6	203,5	206,7	185,1	185,6
Symb. N-Fixierung	*kg/ha*	*69,6*	*70,4*	*55,7*	*54,3*	*75,1*	*77,4*	*58,9*	*59,7*
org. N-Zufuhr	*kg/ha*	*79,6*	*78,1*	*80,2*	*72,3*	*81,0*	*81,8*	*77,8*	*77,5*
min. N-Zufuhr	*kg/ha*	*52,7*	*53,5*	*55,2*	*59,2*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
N-Saldo	**kg/ha**	**39,9**	**44,9**	**33,8**	**39,1**	**31,5**	**32,6**	**27,2**	**28,7**
P-Saldo	**kg/ha**	**3,7**	**4,2**	**-4,8**	**-4,5**	**-9,7**	**-9,5**	**-13,7**	**-13,7**
K-Saldo	**kg/ha**	**-1,2**	**4,4**	**-12,0**	**-12,0**	**-26,6**	**-27,8**	**-39,8**	**-39,7**
Energieeinsatz	GJ/ha	11,1	10,3	9,3	8,7	7,6	6,8	5,5	4,6
Energiegewinn	GJ/ha	182,2	177,1	82,3	81,2	154,2	155,3	62,7	62,3
Energieintensität	MJ/GE	161,1	152,3	156,8	150,3	132,9	119,4	123,6	106,4
Output/Imput-Verhältnis	-	17,50	18,26	9,91	10,43	21,5	24,1	12,5	14,5

Literatur

Hülsbergen, K.-J. (2002): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habilitationsschrift, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Reinicke, F. (2000): Der Dauerversuch „Ökologische-Integrierte Anbausysteme“ in Bad Lauchstädt – Grundlagen und erste Ergebnisse. Diplomarbeit, Martin-Luther-Universität Halle 88 S.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 46–49 (2003)

Auswirkung von Vorfrucht und Stickstoffdüngung auf die Produktivität und Energieeffizienz im Winterrapsanbau

Gisa-Wilhelmine Rathke, W. Diepenbrock*

Einleitung

Winterraps wird häufig in der Fruchtfolge Winterraps – Winterweizen – Wintergerste angebaut. Die Integration von Leguminosen als Vorfrucht zu Winterraps ist hingegen in der Praxis von untergeordneter Bedeutung. Für die Produktivität und Energieeffizienz des Rapsanbaus ist die Stickstoff (N)-Versorgung, welche vorrangig in Form von Mineraldünger erfolgt, entscheidend. Der hohe Stickstoffbedarf kann jedoch nicht nur über Mineraldünger, sondern teilweise auch über Ernte- und Wurzelrückstände der Vorfrüchte sowie organische Dünger gedeckt werde. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen soll daher die Bedeutung von Vorfrucht und Stickstoffdüngung für den Winterrapsanbau näher beleuchtet werden.

Material und Methoden

Grundlage für die Auswertung bildet ein dreifaktorieller Feldversuch (A/B/C-BL) mit 4 Wiederholungen, welcher von 1995 bis 2001 an der Lehr- und Versuchsstation Leipzig-Seehausen durchgeführt wurde. Die Prüffaktoren waren: A – Vorfrucht (Wintergerste, Körnererbse), B – Düngerform (mineralisch, organisch) und C – N-Düngermenge (0, 80, 160, 204 kg N ha^{-1} als Sollwert, entspricht den Stufen N0 bis N3). Der Dünger wurde mineralisch in Form von Kalkammonsalpeter (KAS, 27 % N) bzw. organisch in Form von Rindergülle (~0,40 % N_t frisch) appliziert. Die Berechnung der dem Mineraldünger entsprechenden Güllemenge erfolgte über ein angenommenes Mineraldünger-Äquivalent (MDÄ) von 60, d.h. 100 kg Gülle-N entsprechen in ihrer Wirkung 60 kg Mineral-N. Bei dem Standort handelt es sich um einen diluvial beeinflussten sandigen Lehmboden mit 60-65 Bodenpunkten. Klimatisch ist der Standort durch eine durchschnittliche Jahresmitteltemperatur von 9,2 °C (1961-1990) sowie einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 551 mm (1961-1990) geprägt. Weitere Einzelheiten zum Versuch sind Rathke (1999) zu entnehmen.

Der Samenertrag wurde auf 91 % Trockenmasse (TM) bezogen. Der Ölgehalt der Samen zur Ernte wurde mittels Nuclear Magnetic Resonance (NMR)-Spektroskopie bestimmt. Er basiert auf 100 % Trockenmasse

Der Energieinput wurde in Anlehnung an die von Hülsbergen et al. (2001) beschriebenen methodischen Grundlagen berechnet. Hierbei fand ausschließlich der Verbrauch fossiler Energie Berücksichtigung, nicht jedoch die Sonnenenergie und die menschliche Arbeitskraft. Ebenfalls unberücksichtigt blieben Energieaufwendungen für Trocknung, Lagerung und Transport. Für die einzelnen Arbeiten wurden Maschinen mit kleiner Arbeitsbreite und niedriger Leistung eingesetzt (s. Rathke 1999). Bei jedem Arbeitsgang wurde der direkte und der indirekte Energieinput für die Herstellung und Instandhaltung der eingesetzten Geräte und Maschinen berücksichtigt. Die verwendeten Energieäquivalente sind Hülsbergen et al. (2001) zu entnehmen. Für den Gülle-Stickstoff wurde ein Energieäquivalent von 28,26 MJ kg^{-1} N.

Bedeutender als die direkte Nutzung der Rapssamen ist der Einsatz als in Form von Rapsöl oder dessen Derivat. Daher basiert der Energieoutput auf dem erzeugten

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, D – 06108 Halle (Saale); rathke@landw.uni-halle.de

Öl. Der flächenbezogene Energieoutput ist das Produkt aus dem pro Fläche gebildeten Ölertrag und der Energiekonzentration des Öls (3900 MJ dt^{-1}) abzüglich der auf Grund der dezentralen Rapsölgewinnung im Rapskuchen verbleibenden Rückstände.

Zur Einschätzung der energetischen Effizienz des Winterrapsanbaus werden die Parameter Energiegewinn (Netto-Energieoutput) sowie Energieintensität herangezogen. Der Energiegewinn ergibt sich aus der Differenz zwischen Energieoutput und Energieinput. Die Energieintensität entspricht dem Quotienten aus fossilem Energieinput und in Getreideeinheiten (GE) ausgewiesenem Naturalertrag.

Die statistische Auswertung der im Mittel aller Jahre erhobenen Versuchsdaten erfolgte mit der PROC GLM-Prozedur des Statistikprogramms SAS. Die Differenzen der Mittelwerte wurden mit dem Newman-Keuls-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % auf Signifikanz geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Der Energieinput (Tab. 1) zu Winterraps wurde im Mittel der Jahre signifikant durch die Kombination der Prüffaktoren beeinflusst. Am wenigsten fossile Energie (8,54 GJ ha^{-1}) wurde für den ungedüngten Winterraps nach der Vorfrucht Wintergerste benötigt. Der höchste Energieinput (21,0 GJ ha^{-1}) entfiel bei gleicher Vorfrucht auf die Variante mit hoher (N3) mineralischer N-Düngung. Die Vorfrucht Erbse führte im Vergleich zur Wintergerste über die Stickstoffnachlieferung zu einer leichten Reduzierung des fossilen Energieinputs. Winterraps nach Erbsen realisierte allerdings höhere Erträge (s.u.), so dass höhere Energieaufwendungen für die Ernte und die Rapsölgewinnung benötigt wurden. Insgesamt gab es daher keinen Unterschied zwischen beiden Vorfrüchten. Im Vergleich der Düngerformen wurde bei Gülle-Düngung mehr fossile Energie benötigt, primär bedingt durch die größere Ausbringungsmenge, als bei der mineralischen Düngung. Je höher die N-Versorgungsstufe, desto höher war auch der Energieinput für Bereitstellung, Ausbringung, Ernte und Rapsölgewinnung.

Tab. 1: Energieinput (GJ ha^{-1}) zu Winterraps im Mittel der Jahre 1995-2001

N-Stufe	Vorfrucht Wintergerste Düngerform		Vorfrucht Erbsen Düngerform		Mittel
	mineralisch	organisch	mineralisch	organisch	
N0	8,54	8,54	8,79	8,79	8,67
N1	12,1	10,9	12,3	11,1	11,6
N2	16,8	14,1	16,4	13,9	15,3
N3	21,0	16,7	20,6	17,0	18,8
Mittel	14,6	12,6	14,5	12,7	13,6

GD 0,05 = 0,29 GJ ha^{-1}

Der Samenertrag (Tab. 2) wurde signifikant durch die Kombination der Prüffaktoren Vorfrucht und Düngerstufe sowie Düngerform und Düngerstufe beeinflusst, jedoch bestanden keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Vorfrucht und Düngerform sowie allen Prüffaktoren. Der niedrigste Samenertrag wurde mit 28,4 dt ha^{-1} bei ungedüngtem Winterraps nach der Vorfrucht Wintergerste erzielt, der mit 47 dt ha^{-1} höchste bei hoher (N3) mineralischer N-Versorgung nach Erbsen-Vorfrucht. Der im Vergleich der Vorfrüchte positive Einfluss der Erbsen ist statistisch nachweisbar. Die mineralische Düngung führte zu signifikant höheren Samenerträgen als die organi-

sche Düngung; gleiches gilt für eine gesteigerte N-Versorgung im Vergleich zur unterlassenen Düngung.

Tab. 2: Samenertrag (dt ha^{-1}) zu Winterraps im Mittel der Jahre 1995-2001

N-Stufe	Vorfrucht Wintergerste Düngerform		Vorfrucht Erbsen Düngerform		Mittel
	mineralisch	organisch	mineralisch	organisch	
N0	28,4	28,4	32,3	32,3	30,4
N1	34,7	31,8	39,6	35,4	35,4
N2	43,4	37,8	45,0	40,4	41,7
N3	45,9	40,3	47,0	43,9	44,3
Mittel	38,1	34,6	41,0	38,0	38,0

GD 0,05 = 2,40 dt ha^{-1}

Der Ölgehalt schwankte im Mittel der Jahre und Prüffaktorkombinationen zwischen 43,8 % bei hoher (N3) mineralischer N-Versorgung nach der Vorfrucht Wintergerste und 47,4 % bei unterlassener Düngung nach der Vorfrucht Wintergerste. Er wurde signifikant durch die Wechselwirkung von Vorfrucht und Düngerform sowie von Düngerform und N-Versorgungsstufe beeinflusst. Darüber hinaus wurden signifikante Hauptwirkungen der Prüffaktoren Düngerform und N-Versorgungsstufe ermittelt. Der Ölgehalt der mineralisch gedüngten Bestände betrug durchschnittlich 45,5 % im Vergleich zu 46,4 % nach organischer Düngung. Gleichzeitig sank er von 47,2 % bei unterlassener Düngung auf 44,6 % bei hoher (N3) Versorgungsstufe.

Der Energieoutput schwankte im Mittel der Jahre zwischen 44,8 GJ ha^{-1} bei unterlassener Düngung nach der Vorfrucht Wintergerste und 68,4 GJ ha^{-1} bei hoher (N3) mineralischer N-Versorgung nach der Vorfrucht Erbse. Insgesamt wurde er durch die Kombination der Prüffaktoren Vorfrucht und Düngerstufe und Düngerform und Düngerstufe beeinflusst; hinzu kamen deutliche Hauptwirkungen der Prüffaktoren. Es gab jedoch keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Vorfrucht und Düngerform sowie allen Prüffaktoren. Im Vergleich der Vorfrüchte realisierte nach der Vorfrucht Erbsen angebauter Winterraps einen höheren Energieoutput als der nach Wintergerste. Mineralisch gedüngter Winterraps wies einen höheren Energieoutput auf als organisch gedüngte Bestände. Ebenso führte eine Erhöhung der N-Versorgungsstufe zu einer Verbesserung des Energieoutputs.

Die energetische Effizienz wird nachfolgend mittels der Parameter Energiegewinn und Energieintensität beschrieben. Während der Energiegewinn vorrangig als Bewertungsgröße bei limitierter Anbaufläche, ökonomischen Aspekten sowie dem Anbau Nachwachsender Rohstoffe im Vordergrund steht, wird die Energieintensität als Indikator für die Nachhaltigkeit des Produktionssystems herangezogen.

Der Energiegewinn (Tab. 3) erreichte Werte zwischen 36,4 GJ ha^{-1} bei unterlassener Düngung nach der Vorfrucht Wintergerste und 51,0 GJ ha^{-1} bei hoher (N3) mineralischer N-Versorgung nach der Vorfrucht Erbse. Er wurde signifikant durch die Kombination der Prüffaktoren Vorfrucht und Düngerstufe sowie Düngerform und Düngerstufe bestimmt. Darüber hinaus konnten signifikante Hauptwirkungen der Prüffaktoren ermittelt werden. Durch die Vorfrucht Erbse konnte der Energiegewinn im Vergleich zur Vorfrucht Wintergerste im Winterrapsanbau gesteigert werden. Die mineralische Düngung führte zu einem höheren Energiegewinn als die organische Düngung. Durch eine Steigerung der N-Versorgungsstufe nahm der Energiegewinn zunächst zu; eine über N2 hinausgehende N-Düngung bewirkte jedoch eine Reduktion des Energiegewinns.

Tab. 3: Energiegewinn (GJ ha^{-1}) zu Winterraps im Mittel der Jahre 1995-2001

N-Stufe	Vorfrucht Wintergerste Düngerform		Vorfrucht Erbsen Düngerform		Mittel
	mineralisch	organisch	mineralisch	organisch	
N0	36,4	36,4	41,8	41,8	39,1
N1	41,1	38,9	48,3	43,6	43,0
N2	47,9	44,6	51,0	47,6	47,8
N3	46,0	44,5	47,9	49,0	46,8
Mittel	42,9	41,1	47,3	45,5	44,2

GD 0,05 = 4,20 GJ ha^{-1}

Die Energieintensität im Winterrapsanbau (Tab. 4) variierte von 204 MJ GE^{-1} bei unterlassener Düngung nach der Vorfrucht Erbse bis 367 MJ GE^{-1} bei hoher (N3) mineralischer N-Versorgung nach der Vorfrucht Wintergerste. Es zeigt sich, dass die Energieintensität durch die Wahl der Vorfrucht (nach Erbse niedriger als nach Wintergerste) als auch der Düngerform (nach organischer Düngung niedriger als nach Mineral-N) signifikant reduziert werden konnte. Gleichzeitig wirkte sich eine Erhöhung der N-Versorgungsstufe negativ auf die Energieintensität aus.

Tab. 4: Energieintensität (MJ GE^{-1}) zu Winterraps im Mittel der Jahre 1995-2001

N-Stufe	Vorfrucht Wintergerste Düngerform		Vorfrucht Erbsen Düngerform		Mittel
	mineralisch	organisch	mineralisch	organisch	
N0	224	224	204	204	214
N1	266	256	237	237	249
N2	305	281	285	265	284
N3	367	321	350	300	334
Mittel	291	271	269	248	272

GD 0,05 = 24,1 MJ GE^{-1}

Ausgehend von den dargestellten Ergebnissen ist festzuhalten, dass die Produktivität und Energieeffizienz des Winterrapsanbaus maßgeblich durch die Wahl der Vorfrucht sowie die Art und Höhe der N-Düngung beeinflusst werden können. Welches Bewirtschaftungsszenario letztendlich als energetisch effizient einzustufen ist, hängt dabei in entscheidendem Maß von dem mit dem Winterrapsanbau verfolgten Ziel ab: Maximierung des Energiegewinns oder Minimierung der Energieintensität. Zum Erreichen eines hohen Samenertrags und Energiegewinns ist eine höhere Stickstoffversorgung erforderlich als für eine niedrige Energieintensität.

Literatur

Hülsbergen , K.-J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.-W., Kalk, W.-D., Diepenbrock, W., 2001: A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. Agriculture, Ecosystems & Environment 86, 303-321.

Rathke, G.-W., 1999: Auswirkung von Vorfrucht und Stickstoff (N)- Düngung auf die Energiebilanz des Winterrapsanbaus. Cuvillier Verlag, Göttingen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 50–51 (2003)

Eine Methode zur Bewertung der Nachhaltigkeit im Feldgemüsebau

Christof Walter * und Hartmut Stützel **

Einleitung

Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft bezeichnet die Integration von betriebswirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Zielen unter dem übergeordneten Ziel, die natürlichen Lebens- und Wirtschaftsgrundlagen zu erhalten (Christen; 1996, Tilman et al., 2002). Konkretisiert wird sie üblicherweise anhand von sozioökonomischen und bio-physikalischen Indikatoren.

Allerdings umfassen Indikatorensätze für nachhaltige Landwirtschaft nicht selten 15 oder mehr Einzelindikatoren. Zudem bestehen oft Trade-offs zwischen unterschiedlichen Teilaspekten und Zielen. Es ist daher wünschenswert, Einzelindikatoren vergleichen und zu übergeordneten thematisch Indizes aggregieren zu können.

Die hier vorgestellte Methodeist prinzipiell auf alle Impact-Indikatoren, d.h. Indikatoren, die negative Effekte wie Kosten, Risiken, Ressourcenverbrauch und Umweltbelastungen darstellen, anwendbar.

Die Methode wird am Beispiel eines Spinat-Anbausystems vorgestellt. Der Fokus liegt dabei auf ökologischen Aspekten. Betriebswirtschaftliche und soziale Effekte werden zwar erfasst und als Übergabeparameter für eine gesonderte Analyse bereitgestellt, hier aber nicht bewertet.

Außerdem werden die Auswirkungen methodischer Unsicherheit in Relation zur Datenqualität untersucht, denn oft stehen nur grobe und unsichere Daten für solche Analysen zur Verfügung. Hier erhebt sich die Frage, in welchen Vertrauensgrenzen gelten die berechneten Indikatoren gelten. Schließlich wird analysiert, welcher Bereich der Kulturführung die stärksten Umwelteffekte verursacht und ob sich die oft von Landwirten geäußerte Behauptung stützen lässt, dass mehr Umweltverträglichkeit mit geringerer Wirtschaftlichkeit gekoppelt sei.

Methode

Die hier vorgestellte Methode normiert die Einzelindikatoren zunächst, um sie untereinander vergleichbar zu machen. Dies geschieht, indem der Effekt des untersuchten Anbausystems ins Verhältnis zum Gesamteffekt, zu dem er beiträgt, gesetzt wird. Der Gesamteffekt wird dabei auf der jeweils relevanten räumlichen Skaleneben betrachtet, z.B. global bei Treibhausgasemissionen, regional bei Pflanzenschutzmitteln.

In einem zweiten Schritt wird der normierte Indikator gewichtet. Der Wichtungsfaktor spiegelt die Schwere des Gesamtproblems wider. Er wird berechnet, indem der Gesamteffekt ins Verhältnis zu einem kritischen Wert gesetzt wird (z.B. Critical Loads im ökologischen Bereich oder jährlicher globaler Ausstoß von CO_2-Äquivalenten, bei dem das Klima auf heutigem Niveau stabilisiert wird). Eine Nachhaltigkeitsbewertung kann dann auf Ebene der normierten und gewichteten Einzelindikatoren vorgenommen werden.

Zur Abschätzung des Einflusses von Variabilität und Unsicherheit der Eingangsgrößen auf die Güte der daraus berechneten Indikatoren werden mittels Monte-

* Landwirtschaftkammer Westfalen-Lippe, Gartenbauberatung, Nevinghoff 40, 48147 Münster, Tel.: +49 (0)251 23 76 913, E-Mail: christof.walter@lk-wl.nrw.de
** Universität Hannover, Institut für Gemüse- und Obstbau, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

Carlo-Technik (stochastische Simulation) Konfidenzintervalle für die Indikatoren berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Normierung und Gewichtung werden einzelne Impact-Indikatoren untereinander direkt vergleichbar – Trade-offs können so sichtbar gemacht werden – und aggregierbar. Letzteres erlaubt, sie zu thematischen Indizes, etwa „Ressourcenverbrauch“ oder „Bodenbelastung“ zusammenzufassen.

In dem als Beispiel untersuchten Spinatproduktionssystem macht der produktionsspezifische Ressourcenverbrauch den größten Teil der gesamten Umweltwirkungen aus, gefolgt von der N-Düngung. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist vernachlässigbar. Hierbei bleiben allerdings Verluste durch Hofabläufe und unsachgemäße Anwendung unberücksichtigt, die nach Schätzung von Bach et al. (2000) 70-90 % des Eintrags in deutsche Gewässer ausmachen.

Die Konfidenzintervalle der einzelnen Indikatoren sind vergleichsweise schmal (etwa ±10 bis 20 %), wenn man die große Unsicherheit der zugrundeliegenden Daten betrachtet. Unterschiede zwischen unterschiedlichen Produktionssystemen und Handlungsoptionen sind damit auch statistisch absicherbar.

Literatur

Christen, O., 1996. Nachhaltige Landwirtschaft ("Sustainable agriculture"). Berichte über Landwirtschaft 74, 66-86

Bach, M., Huber, A., Frede, H.-G., Mohaupt, V. and Zullei-Seibert, N., 2000. Schätzung der Einträge von Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer Deutschlands. Erich Schmidt, Berlin

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R. L. and Polansky, S., 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418, 671-676

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 52–55 (2003)

Optimierungsstrategien des „Weite Reihe“-Verfahrens im ökologischen Winterweizenanbau: Variation von Reihenweite, Weizensorte, Aussaatstärke und Untersaat

Helge Neumann, Ralf Loges, Friedhelm Taube*

Einleitung

Für eine ausreichende Backqualität des Weizenmehls werden von den abnehmenden Müllereien bzw. Vermarktungsgesellschaften Kornrohproteingehalte von 10,5% bis 12,0% gefordert. Diese Werte lassen sich aufgrund der limitierten Stickstoffverfügbarkeit im ökologischen Anbau häufig nicht erzielen. Anfang der 1990er Jahre führte der Ökolandwirt J. Stute auf seinem Betrieb in Niedersachsen Versuche zum Getreideanbau mit weit gestellten Reihen (27 cm bis 81 cm) und Untersaaten in den Reihenzwischenräumen durch (System „Stute“) (STUTE 1996). Seine Erfahrungen mit diesem System waren vielversprechend: Die Untersaaten ließen sich in den Reihenzwischenräumen gut etablieren, und beim Weizen führte die weite Reihe zu einer Qualitätsverbesserung (STUTE 1996). Verschiedene in der Folgezeit durchgeführte Feldversuche bestätigen den „Weite Reihe-Effekt“, zeigen jedoch auch, dass die Qualitätssteigerung in einzelnen Versuchsjahren mit (der Tendenz zu) Mindererträgen verbunden sein kann (BECKER & LEITHOLD 2003; RICHTER & DEBRUCK 2001).

Im folgenden werden Ergebnisse von Experimenten zur Optimierung des Weite Reihe-Verfahrens vorgestellt, die in den Jahren 1999 bis 2002 auf dem Lindhof, dem Versuchsbetrieb für Ökologischen Landbau der Universität Kiel, durchgeführt worden sind.

Material und Methoden

Die auf den Versuchsflächen vorherrschenden Bodentypen sind Braun- und Parabraunerdetypen mit 40 bis 45 Bodenpunkten. Bei den Bodenarten handelt es sich um lehmige Sande bis sandige Lehme. Die Jahresniederschlagssummen und Jahresdurchschnittstemperaturen im Versuchszeitraum sind in Tab. 1 aufgeführt.

Tab. 1: Jahresniederschlagssummen und Jahresdurchschnittstemperaturen in den Versuchsjahren 1999 bis 2002 auf dem Lindhof im Vergleich zum langjährigen Mittel 1980-2002 (Deutscher Wetterdienst, Station Kiel-Holtenau)

Jahr	Niederschlags-summe (mm)	Durchschnitts-Temperatur (°C)
1999	710	9,6
2000	472	9,6
2001	653	9,3
2002	1040	10,0
1980-2002	785	8,7

In Tab. 2 sind die in den einzelnen Versuchsjahren geprüften Faktoren und Faktorstufen dargestellt. Die Reihenabstände von 12 cm, 24 cm und 36 cm wurden in allen Jahren geprüft. In den Erntejahren 2000 und 2001 kam zusätzlich die weite Reihe von 48 cm zum Einsatz, 1999 und 2000 wurde ergänzend eine weite Doppelreihe (12

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

cm im Abstand von 36 cm) getestet. In allen Versuchjahren wurden drei unterschiedliche Winterweizensortentypen auf ihre potenzielle Eignung für den Weitreihenanbau geprüft. Um die Standraumverteilung der Weizenpflanzen zusätzlich zu beeinflussen, wurde in den Jahren 1998/99 und 1999/2000 neben der Reihenweite gleichzeitig die Aussaatstärke variiert. Verschiedene Versuchsansteller kommen zu dem Schluss, dass mechanische Pflegemaßnahmen eine Freisetzung von Bodenstickstoff bewirken können und damit zur Nährstoffversorgung des Weizens beizutragen vermögen (z.B. RICHTER & DEBRUCK 2001). In den Versuchen auf dem Lindhof wurde in den Jahren 2001 und 2002 die mechanische Pflege im Bereich von 1 bis 3 Hackgängen variiert. In einem ebenfalls 2001 und 2002 durchgeführten zusätzlichen Experiment wurden die Effekte einer Perserklee-Untersaat in der weiten Reihe untersucht.

Statistische Auswertungen erfolgten entsprechend der Anlage der Versuche bzw. Wahl der Versuchsfaktoren jeweils zweijährig.

Tab. 2: Versuchsfaktoren und Faktorstufen der Weite Reihe-Experimente auf dem Lindhof in den Erntejahren 1999 bis 2002 (kombinierte Spalt-/Blockanlagen, dreifache Wiederholung)

Versuchsfaktor	Faktorstufe	1999	2000	2001	2002
Reihenabstand (cm)	12	x	x	x	x
	24	x	x	x	x
	36	x	x	x	x
	36/12 (Doppelreihe)	x	x	x	
	48		x	x	
Sortentyp	Batis (A-Weizen)	x	x	x	x
	Bussard (E-Weizen)	x	x	x	x
	Renan (A-Weizen)	x	x	x	x
Aussaatstärke (Körner/m^2)	100	x	x		
	200	x	x		
	300	x	x	(x)	(x)
Mechanische Pflege	Striegeln (Str.)	(x)	(x)	x	x
	Striegeln und 1x Hacken (1xH)			x	x
	Striegeln und 3x Hacken (3xH)			x	x
Untersaat Perserklee (Reihenabstand 36 cm)	mit			x	x
	ohne	(x)	(x)	x	x

(x): kein Faktor, Standardmaßnahme/-pflege

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Erntejahre 1999 bis 2002 sind in den Tabellen 3 bis 6 dargestellt. Die Erhöhung der **Reihenweite** von 12 cm auf 36 cm bzw. 48 cm führte in allen Versuchsjahren zu Mindererträgen von 3,9 dt/ha bis 16 dt/ha bzw. 9,3 % bis 38,7 %. Der Kornrohproteingehalt ließ sich durch die weite Reihe von 36 cm nur in zwei der vier Versuchsjahre steigern (Tab. 3 u. 5). Der 2000 und 2001 zusätzlich getestete Reihenabstand von 48 cm führte im Vergleich zur Kontrolle zu einer Steigerung des Rohproteingehaltes um rund einen Prozentpunkt (Tab. 4). Der **Weizensortentyp** wirkte sich in allen Versuchsjahren signifikant auf den Kornrohproteingehalt und Kornertrag aus (Tab. 3, 5, 6), zeigte im Hinblick auf diese Parameter jedoch (wie die Reihenweite) keine signifikanten Wechselwirkungen mit den anderen Versuchsfaktoren. Die Variation der **Aussaatstärke** hatte in beiden Untersuchungsjahren keinen statistisch absicherbaren Effekt auf die Ertragsleistung und Qualität (Tab. 3). Durch die Steigerung der **Hackintensität** ließ sich der Kornrohproteingehalt nicht anheben (Tab. 5). Die **Perserklee-Untersaat** hatte in Übereinstimmung mit BECKER et al. (2002) keinen Effekt auf den Kornertrag (Tab. 6), wirkte sich jedoch schwach signifi-

kant negativ auf den Kornrohproteingehalt aus, was auf die Konkurrenz der Untersaat in den Getreidereihenzwischenräumen zurückzuführen sein könnte.

Fazit

Die getesteten Weite Reihe-Systeme führten unter den gegebenen Standortbedingungen des Lindhofes in allen vier Versuchsjahren zu Mindererträgen. Eine Anhebung des Kornrohproteingehaltes ließ sich durch die weite Reihe von 36 cm nur in Einzeljahren erzielen. Ob hier der Abstand von 48 cm eine Alternative darstellt, soll die wiederholte Versuchsanlage im Jahr 2002/03 zeigen. Die Steigerung der Hackintensität sowie das Ausbringen einer Perserklee-Untersaat stellten im Hinblick auf den Weizen keine Strategien zur Optimierung des Weite Reihe-Systems dar. Der Wahl der Weizensorte kommt unter den geprüften Größen die größte Bedeutung im Hinblick auf eine sichere Qualitätsweizenproduktion zu.

Tab. 3: Einfluss von Reihenabstand, Weizensorte, Aussaatstärke und Versuchsjahr auf Kornertrag, Kornrohproteingehalt und ausgewählte Ertragsparameter von ökologisch angebautem Winterweizen in den Erntejahren 1999 und 2000 (Mittel über 3 Wiederholungen)

Faktor	Faktorstufe	Kornertrag (dt/ha)	SE / Sign.[2]	Rohprotein (%)	SE / Sign.	TKM (g)	SE / Sign.	N-Entzug (kg/ha)[3]	SE / Sign.
Reihenabstand (cm)	12	43,7	1,7 / ***	9,6	0,1 / n.s.	51,4	0,6 / n.s.	72,9	3,0 / ***
	24	36,4		9,7		51,5		64,4	
	D36[1]	35,2		9,7		51,9		62,5	
	36	31,8		9,8		51,6		55,5	
Weizensorte	Batis	42,3	1,6 / ***	8,9	0,1 / ***	53,3	0,5 / ***	70,1	2,9 / ***
	Bussard	35,9		9,5		47,8		62,2	
	Renan	32,1		10,8		53,7		59,1	
Aussaatstärke (Körner/m^2)	100	35,7	1,6 / n.s.	9,8	0,1 / n.s.	52,0	0,5 / n.s.	62,3	2,9 / n.s.
	200	37,7		9,7		51,6		64,5	
	300	36,9		9,7		51,3		64,6	
Jahr	1999	29,9	2,2 / *	9,6	0,1 / n.s.	48,6	0,7 / **	52,2	3,7 / *
	2000	43,7		9,8		54,7		75,4	

[1] Doppelreihe (s. Tab 2); [2] Standardfehler / Signifikanz bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit (F-Test): n.s.: p > 5,0%, nicht signifikant; *: 5,0% ≥ p > 1,0%; **: 1,0% ≥ p > 0,1%; ***: p ≤ 0,1%; [3] Korn

Tab. 4: Einfluss von Reihenabstand und Versuchsjahr auf Kornertrag, Kornrohproteingehalt und ausgewählte Ertragsparameter von ökologisch angebautem Winterweizen in den Erntejahren 2000 und 2001 (Sorte Bussard, Aussaatstärke 300 Körner/m^2, Mittel über 3 Wiederholungen)

Faktor	Faktorstufe	Kornertrag (dt/ha)	SE / Sign.	Rohprotein (%)	SE / Sign.	TKM (g)	SE / Sign.	N-Entzug (kg/ha)*	SE / Sign.
Reihenabstand (cm)	12	41,3	2,3 / **	10,1	0,2 / **	48,0	0,5 / n.s.	74,0	5,4 / *
	24	32,7		10,0		48,0		60,6	
	D36	36,3		10,4		49,1		65,0	
	36	25,3		10,1		48,0		47,8	
	48	32,3		11,0		49,1		60,8	
Jahr	2000	37,9	1,5 / *	9,7	0,1 / **	49,0	0,3 / n.s.	67,1	3,4 / n.s.
	2001	29,2		10,9		47,9		56,2	

Tab. 5: Einfluss von Reihenabstand, Weizensorte, Intensität der mechanischen Pflege und Versuchsjahr auf Kornertrag, Kornrohproteingehalt und ausgewählte Ertragsparameter von ökologisch angebautem Winterweizen in den Erntejahren 2001 und 2002 (Aussaatstärke 300 Körner/m^2, Mittel über 3 Wiederholungen)

Faktor	Faktorstufe	Kornertrag (dt/ha)	SE / Sign.	Rohprotein (%)	SE / Sign.	TKM (g)	SE / Sign.	N-Entzug (kg/ha)*	SE / Sign.
Reihenabstand (cm)	12	41,9	1,2 / ***	10,5	0,1 / ***	49,9	0,4 / *	76,4	2,4 / ***
	24	36,7		10,7		50,4		68,2	
	36	38,0		11,0		50,7		72,6	
Weizensorte	Batis	45,4	1,2 / ***	9,6	0,1 / ***	53,8	0,4 / ***	76,3	2,4 / **
	Bussard	37,0		10,8		46,0		70,2	
	Renan	34,2		11,8		51,2		70,7	
Mechanische Pflege	Striegeln	37,3	1,2 / *	10,7	0,1 / n.s.	50,3	0,4 / n.s.	69,0	2,4 *
	Str. + 1xH[1]	40,1		10,8		50,4		74,6	
	Str. + 3xH	39,2		10,8		50,4		73,6	
Jahr	2001	35,9	1,4 / *	11,0	0,1 *	53,5	0,5 / ***	68,3	2,9 / n.s.
	2002	41,8		10,5		47,2		76,5	

[1] s. Tab. 1

Tab. 6: Einfluss von Untersaat (Perserklee), Weizensorte und Versuchsjahr auf Kornertrag, Kornrohproteingehalt und ausgewählte Ertragsparameter von ökologisch angebautem Winterweizen in den Erntejahren 2001 und 2002 (Reihenweite 36 cm, Aussaatstärke 300 Körner/m^2, Mittel über 3 Wiederholungen)

Faktor	Faktorstufe	Kornertrag (dt/ha)	SE / Sign.	Rohprotein (%)	SE / Sign.	TKM (g)	SE / Sign.	N-Entzug (kg/ha)*	SE / Sign.
Untersaat	Mit	36,4	1,6 / n.s.	10,8	0,1 / *	50,5	0,6 / n.s.	68,0	3,2 / *
	Ohne	38,0		11,0		50,7		72,6	
Weizensorte	Batis	44,2	1,7 / ***	9,7	0,1 / ***	54,0	0,6 / ***	75,6	3,4 / **
	Bussard	35,1		10,9		46,1		67,0	
	Renan	32,3		12,1		51,7		68,3	
Jahr	2001	33,8	2,1 / n.s.	11,1	0,1 / *	54,2	0,7 / **	64,8	4,2 / n.s.
	2002	40,5		10,7		47,0		75,8	

Literatur

Becker, K. & G. Leithold, 2003: Weitreihenanbau bei Weizen: Strategie zur Optimierung von Backqualitäten und Fruchtfolge im Ökologischen Landbau. In: Freyer, B. (Hrsg.): Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien, 77-80.

Richter, S. & J. Debruck, 2001: Einfluss der Reihenweite auf Ertrag und Qualität von Winterweizen. In: H. J. Reents (Hrsg.): Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, 233-236.

Stute, J., 1996: Erlaubt ist, was dem Boden nützt. Bioland, 3/1996, 12-14.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 56–58 (2003)

Ressourceneffizienz ökologischer Fruchtfolgesysteme

Michael Kelm, Ralf Loges und Friedhelm Taube*

Einleitung

In der Diskussion um die relative Förderungswürdigkeit des ökologischen Landbaus wird dem Aspekt der Nutzung begrenzter Ressourcen häufig vergleichsweise wenig Beachtung geschenkt. Als begrenzte natürliche Ressourcen können in erster Linie fossile Energieträger und ackerfähiges Land angesehen werden. Die Relation zwischen der Nutzung dieser Ressourcen und dem Output eines gegebenen Produktionssystems wird im wesentlichen von der Betriebsausrichtung und –intensität, der Fruchtfolgegestaltung und den natürlichen Standortvoraussetzungen bestimmt.

Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit basiert auf einem dreijährigen Projekt auf dem Versuchsgut Lindhof (sL-lS, 40-45 BP, durchschnittlicher Jahresniederschlag 670 mm, Ackerbaubetrieb nach Naturland-Richtlinien) der Universität Kiel, in welchem ein flächen- und produktionssystemorientierter Vergleich ökologischer Fruchtfolge-systeme mit einer konventionellen Referenzfruchtfolge hinsichtlich Produktivität und N-Flüssen durchgeführt wurde (RUHE *et al*., 2002). Das Projekt umfasste sämtliche Betriebsflächen des Lindhofs. Die ökologischen Fruchtfolgen wurden hinsichtlich der Betriebsausrichtung (Modellsystem "Gemischtbetrieb": Schnittnutzung des Kleegrases; Modellsystem "Marktfruchtbetrieb ohne Tierhaltung": Gründüngung), der N-Intensität (33% vs. 50% Leguminosen in der Fruchtfolge) und des Anbaus von Marktfrüchten (Winterweizen vs. Kartoffeln) variiert (siehe Tab. 1).

Die Bilanzierung des Energieinputs umfasste sämtliche direkt (Diesel für Feldarbeiten, Heizöl und Strom für die Getreidetrocknung) und indirekt (Herstellung und Bereitstellung von Produktionsmitteln wie Dünger, Pflanzenschutzmittel, Saat- und Pflanzgut, Maschinen) mit der Pflanzenproduktion zusammenhängenden Maßnahmen. Auf der Output-Seite wurden die Erträge der einzelnen Fruchtfolgeglieder entsprechend der Ausrichtung der Modellsysteme aggregiert. Dem Modellsystem "Marktfruchtbetrieb ohne Tierhaltung" entsprach eine Aggregierung in Getreideeinheiten (GE). Für das Modellsystem "Gemischtbetrieb" wurden die Erträge in GJ umsetzbarer Energie (ME) aggregiert, womit der Möglichkeit der Verfütterung pflanzlicher Erträge an Wiederkäuer Rechnung getragen wurde. Die Bilanzierung von Inputs und Outputs erfolgte auf Schlagebene; jedoch wurde im Modellsystem "Gemischtbetrieb" der Einfluss der Viehhaltung auf die Pflanzenproduktion dahingehend wiedergegeben, dass für die verkaufte Kleegrassilage Stallmist vom ökologischen Nachbarbetrieb bezogen wurde.

Ergebnisse und Diskussion

In den Modellsystemen "ökologischer Marktfruchtbetrieb" war ein weitaus stärkerer Ertragsrückgang (in GE ha^{-1}) im Vergleich zum konventionellen Referenzsystem zu verzeichnen als in den Modellsystemen "ökologischer Gemischtbetrieb" (Tab. 1). Der positive Effekt der Gründüngung auf die Nachfrucht (Hafer) konnte nicht für die Nicht-Nutzung von 25% bzw. 33% der Ackerfläche kompensieren. In den Modellsystemen

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

"ökologischer Gemischtbetrieb" betrug der Ertragsrückgang (in GJ ME ha^{-1}) lediglich 39-43%, was durch den hohen Ertrag des Rotkleegrases (im Mittel 7,4 t TM ha^{-1}) und den Wert der Silage in der Wiederkäuerernährung begründet ist.

Für den höheren Energieinput in der konventionellen Fruchtfolge war im wesentlichen der Input an mineralischem N-Dünger verantwortlich, welcher 44% des gesamten Energieinputs im konventionellen System ausmachte. In den ökologischen Systemen bedingte der Kartoffelanbau (FF IV und VII) einen erhöhten Energieinput.

Bedingt durch den starken Ertragsrückgang war die Energieeffizienz in den Modellsystemen "ökologischer Marktfruchtbetrieb" [GE GJ^{-1}] niedriger als im konventionellen Referenzsystem. Demgegenüber wiesen die Modellsysteme "ökologischer Gemischtbetrieb" eine höhere Energieeffizienz [GJ ME GJ^{-1}] auf als die konventionelle Fruchtfolge. Es ist anzumerken, dass die geprüften Fruchtfolgen nicht repräsentativ für Gemischtbetriebe in der Praxis sein können. DALGAARD *et al*. (2002) und KELM *et al.* (2003) konnten jedoch unter norddeutschen bzw. dänischen Bedingungen zeigen, dass die Energieeffizienz im ökologischen bzw. extensiven Anbau von Silomais und Grünland (Kleegras) höher ist als im konventionellen Anbau, da diese Futterpflanzen nur mit einem geringen Ertragsrückgang auf eine reduzierte Anbauintensität reagieren. Beim Vergleich 'realer' gemischter Systeme wäre demnach ein ähnliches Ergebnis wie in Tab. 1 dargestellt zu erwarten. – Innerhalb der ökologischen Systeme war die Energieeffizienz durch den Anbau von Kartoffeln reduziert, während die N-Intensität (Anteil Leguminosen) nur einen geringen Effekt hatte.

Tab. 1: Untersuchte Fruchtfolgesysteme, Fruchtfolge-Erträge [Getreideeinheiten (GE) ha^{-1}, GJ ME ha^{-1}], Input an fossiler Energie, und Energieeffizienz (Mittel der Jahre 1999-2001)

Anbausystem		Fruchtfolge (FF)	FF-Ertrag GE ha^{-1}	FF-Ertrag GJ ME ha^{-1}	Energie-input [GJ ha^{-1}]	Energieeffizienz GE GJ^{-1}	Energieeffizienz GJ ME GJ^{-1}
I	ö. G., N-ext.	RKG (S) – H – WR	40,5	54,0 x	5,9	6,87	9,16 x
II	ö. G., N-ext.	RKG (S) – WW – WR	39,3	51,6 x	6,1	6,50	8,53 x
III	ö. G., N-int.	RKG (S) – H – E – WW	41,2	51,1 x	6,1	6,76	8,38 x
IV	ö. G., N-int.	RKG (S) – H – E – K	43,7	53,0 x	8,3	5,24	6,36 x
V	ö. M., N-ext.	RKG (GD) – H – WR	27,2 x	30,2	4,9	5,61 x	6,23
VI	ö. M., N-int.	RKG (GD) – H – E – WW	31,6 x	33,8	5,3	5,93 x	6,35
VII	ö. M., N-int.	RKG (GD) – H – E – K	34,0 x	35,7	7,5	4,51 x	4,73
k	konv. M.	W.-Raps–WW–ZR–WW	109,1	89,3	15,8	6,92	5,67

ö. G.: ökolog. Gemischtbetrieb, ö. M.: ökolog. Marktfruchtbetrieb, konv. M.: konv. Marktfruchtbetrieb; N-ext.: 33% Leguminosen, N-int.: 50% Leguminosen; RKG (S): Rotkleegras Schnittnutzung, RKG (GD): Rotkleegras Gründüngung (3-maliges Mulchen), H: Hafer, WR: Winterroggen, WW: Winterweizen, E: Futtererbsen, K: Kartoffeln, ZR: Zuckerrüben

Folgende Punkte sind aufgrund dieser Beobachtungen festzuhalten:

(i) Eine Spezialisierung im ökologischen Landbau zu reinen Ackerbausystemen ist mit einer verringerten Ressourceneffizienz (geringere Erträge, geringere Energieeffizienz) im Vergleich zu (a) gemischten ökologischen Systemen mit Viehhaltung und (b) konventionellem Ackerbau verbunden.

(ii) Bei der Beurteilung der relativen ökologischen Vorzüglichkeit des ökologischen Landbaus sind die standortspezifischen Bedingungen zu beachten, welche die An-

bauwürdigkeit einzelner Kulturen, den Ertragsrückgang bei reduzierter Intensität, und andere relevante Umweltparameter (z. B. NO_3-Auswaschung) determinieren. Es ist davon auszugehen, dass auf leichteren Standorten als auf dem Hochertragsstandort Lindhof ein absolut und relativ stärkerer Ertragsrückgang im ökologischen Getreideanbau im Vergleich zum konventionellen Getreideanbau gegeben ist als im CONBALE-Projekt beobachtet (siehe KELM & TAUBE, vorliegender Tagungsband). Die Ressourceneffizienz in ökologischen Marktfruchtbetrieben kann sich demnach auf anderen Standorten noch ungünstiger darstellen als im vorliegenden Projekt. Auf dem Lindhof konnte bezüglich der Nitratverluste kein signifikanter Unterschied zwischen ökologischem und konventionellem Marktfruchtanbau festgestellt werden (RUHE *et al*., 2002). Dahingegen kann auf auswaschungsgefährdeten leichteren Standorten eine Reduktion des Intensitätsniveaus zu erheblich reduzierten N-Frachten führen.

Bezüglich der relativen Vorzüglichkeit ökologischer und konventioneller Anbausysteme im Hinblick auf Produktivität und N-Verluste können demnach folgende Aspekte herausgestellt werden:

- Auf Hochertragsstandorten und Böden, die für anspruchsvolle Kulturen wie Winterweizen oder Zuckerrüben prädestiniert sind, führt spezialisierter ökologischer Anbau von Marktfrüchten zu keiner signifikanten Reduktion der Nitratverluste, während Erträge und Energieeffizienz deutlich reduziert sind. Konventioneller bzw. integrierter Anbau von Marktfrüchten stellt sich auf diesen Standorten als positiver dar, wenn sowohl Produktivität als auch Umweltleistungen betrachtet werden.
- Auf weniger produktiven Standorten (leichte Böden) kann durch eine Reduktion des N-Inputs (ökologischer oder extensiver Anbau) eine signifikante Reduktion der Nitratfrachten erreicht werden. Da Futterpflanzen (Kleegras, Silomais) auch auf leichten Standorten und unter N-extensiven Bedingungen hohe Erträge erzielen (DALGAARD *et al*., 2002; KELM *et al.*, 2003), stellen sich auf leichten Standorten ökologische Futterbau- und Gemischtbetriebe als eine positiv zu bewertende Alternative dar.

Literatur

Dalgaard T., Dalgaard R. & Højlund Nielsen A. (2002) *Energiforbrug på økologiske og konventionelle landbrug.* Grøn Viden Markbrug, Nr. 260. Danmarks Jordbrugs Forskning, Tjele (DK)

Kelm M., Wachendorf M., Trott H., Volkers K. & Taube F. (2003) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils – Results from an integrated research project. III. Energy efficiency and CO_2 emissions in grassland and silage maize production. Submitted to *Grass and Forage Science*

Ruhe I., Loges R. & Taube F. (2002) Stickstoffflüsse in Fruchtfolgen des ökologischen und konventionellen Landbaus – Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Lindhof. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.*, 14, 28-29

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 59–62 (2003)

Verbesserung der Backqualität von Winterweizen im ökologischen Landbau durch Vergrößerung des Reihenabstandes und Untersaaten

K. Becker, G. Leithold*

Einleitung

Üblicherweise wird in der Praxis des ökologischen Landbaus Winterweizen mit engem Reihenabstand angebaut. Wegen des Bestehens stickstofflimitierender Anbaubedingungen werden jedoch oft nur Backqualitäten erzielt, die den Anforderungen der Verarbeiter und Verbraucher nicht entsprechen. Dieses Problem spitzt sich bei viehloser Öko-Bewirtschaftung aufgrund des Mangels an Futterleguminosen als gute Vorfrüchte und aufgrund des Nichtvorhandenseins stickstoffhaltiger Dünger aus der Tierhaltung zu. Erfahrungen aus der Praxis und erste wissenschaftliche Erkenntnisse hatten gezeigt, dass dieser Problematik mit einer Vergrößerung der Reihenweite begegnet werden kann (z.B. GERMEIER, 2000).

Dies war Anlass dafür, die Zielsetzungen des Anbauverfahrens Weite Reihe wissenschaftlich zu überprüfen. Gegenstand der Untersuchungen war ein mit 50 cm Reihenweite gekennzeichnetes Anbausystem, in dem die Reihenzwischenräume mit einer Untersaat bestellt und mit einem speziell entwickelten Reihenmulchgerät gepflegt wurden. Neben den Auswirkungen auf Ertrag und Qualität des Winterweizens wurden Umweltwirkungen und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens überprüft.

Material und Methoden

Auf vier ökologisch bewirtschafteten Praxisstandorten in drei Bundesländern wurden während der Anbauperiode 1999/2000 und 2000/2001 Exaktfeldversuche durchgeführt (vollrandomisierte Blockanlagen mit vier Wiederholungen). In zwei Kontrollvarianten wurde der Weizen zum einen mit 12,5 cm Reihenabstand (Normalverfahren) zum anderen mit 50 cm Reihenweite angebaut. Diese Varianten wurden mechanisch unkrautfrei gehalten. Zunächst wurden jeweils die Effekte des Weitreihenanbaus ohne Untersaat gegenüber dem Normalanbau geprüft. Von maßgeblichem Interesse waren jedoch Untersuchungen zum Einfluss von Kleeuntersaaten bei 50 cm Reihenabstand zu drei unterschiedlichen Aussaatterminen (Herbst, zeitiges Frühjahr, spätes Frühjahr) sowie zum Einfluss einer Regulierung der Untersaaten im Frühjahr mit Hilfe eines speziell entwickelten Reihenmulchgerätes.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kornerträge von Winterweizen wurden durch die geprüften Varianten des Anbausystems Weite Reihe im Anbaujahr 2000 nicht signifikant beeinflusst (Tab. 1). Im Untersuchungsjahr 2001 herrschten für die Ertragsbildung von Winterweizen vorteilhaftere Bedingungen vor. Durch Weitreihenanbau wurde in 2001 der Ertrag gegenüber dem Normalanbau um ca. 11 % vermindert (nicht signifikant). Herbstuntersaaten bei Weitreihenanbau (gemulcht und nicht gemulcht) bewirkten gegenüber dem Normalanbau signifikante Mindererträge und ließen auf starke Konkurrenzbeziehungen schließen. Die gemulchten Frühjahrsuntersaaten zeigten in 2001 gegenüber der Variante mit 12,5 cm Reihenabstand die geringsten nicht signifikanten Ertragsverluste.

* Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Organischen Landbau, Karl-Glöckner-Str. 21 C, 35394 Gießen

Tab. 1: Kornertrag von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 (Ergebnisse jeweils im Mittel der vier Untersuchungsstandorte, n = 128)

Varianten**		2000 (dt/ha)		2001 (dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	33,7	a*	46,7	a
	50,0 cm	35,7	a	41,5	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	34,7	a	37,5	b
	US II	35,2	a	42,3	ab
	US III	35,8	a	41,3	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	33,3	a	37,5	b
	US II	33,1	a	43,1	ab
	US III	34,8	a	44,6	ab
	$\bar{x}$	34,5		41,8	

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test ≤ 0,05

**Varianten:
- 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
- 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
- US I Aussaat der Untersaat im Herbst
- US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
- US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Im Mittel über die Standorte und Jahre waren Aussagen zur Beeinflussbarkeit der Backqualität der Winterweizensorte Bussard von den Faktoren Reihenabstand, Untersaat und Mulchtechnik möglich (Tab. 2). Bereits die Erweiterung des Reihenabstandes von 12,5 cm auf 50 cm bewirkte eine signifikante Steigerung des Sedimentationswertes sowie einen tendenziell deutlichen Anstieg der Rohprotein- und Feuchtklebergehalte. Die Ausbringung von Untersaaten in die 50 cm breiten Reihenzwischenräume wirkte sich gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand nicht signifikant qualitätssteigernd aus, sofern diese Untersaaten nicht gemulcht wurden. Gegenüber der Kontrollvariante mit 50 cm Reihenabstand bewirkten die nicht gemulchten Untersaaten wieder eine Verminderung der indirekten Qualitätsparameter (Tendenz). Dies deutet auf das Bestehen von Konkurrenzbeziehungen zwischen Weizendeckfrucht und Kleeuntersaaten zulasten der Backqualität hin. Das Mulchen der im Frühjahr gedrillten Untersaaten beseitigte diese Konkurrenzbeziehungen offensichtlich wieder, was sich mit einer Ausnahme in signifikant höheren Qualitätsparametern gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand zeigte.

Tab. 2: Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Resultate im Mittel von vier Standorten und zwei Untersuchungsjahren, n = 256)

Varianten**		Rohproteingehalt (%)		Feuchtklebergehalt (%)		Sedimentationswert (ml)	
Kontrollen	12,5 cm	10,6	a*	25,0	a	32,2	a
	50,0 cm	11,3	ab	27,2	ab	38,0	b
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	11,1	ab	26,8	ab	35,7	ab
	US II	11,1	ab	26,7	ab	36,4	ab
	US III	11,3	ab	27,0	ab	37,8	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	11,1	ab	25,8	ab	35,4	ab
	US II	11,3	ab	27,8	b	38,4	b
	US III	11,5	b	27,9	b	38,5	b

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test ≤ 0,05

**Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)
US I Aussaat der Untersaat im Herbst
US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr
US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Zur Gewährleistung der Nachhaltigkeit der Produktion müssen in Empfehlungen zur Anwendung des Anbausystems Weite Reihe auch Umwelteffekte berücksichtigt werden. So zeigten die Böden der geprüften Varianten eine unterschiedlich starke Erosionsdisposition (Tab. 3). Durch alleinige Erweiterung der Reihenweite von 12,5 cm auf 50 cm erhöhte sich der Bodenabtrag signifikant ca. um 30 %. Durch Aussaat von Untersaaten im zeitigen Frühjahr wurde dieser Negativeffekt zum großen Teil wieder kompensiert. Herbstuntersaaten bewirkten die stärkste erosionsmindernde Wirkung. Aufgrund der beobachteten Ertragsminderung im Jahr 2001 und der nichtsignifikanten Qualitätseffekte gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand dürfte diese Variante für eine verlässliche Erzeugung von Backweizen im Öko-Landbau jedoch nicht infrage kommen.

Eine detaillierte Beschreibung und Kommentierung der feldexperimentellen Untersuchungen erfolgt bei BECKER u. LEITHOLD (2003). Die Analysen führten in ihrer Gesamtheit zu dem Schluss, dass durch den Anbau von Winterweizen mit einem Reihenabstand von 50 cm gegenüber 12,5 cm ein Qualitätsniveau erzielt werden kann, das den Anforderungen an eine hohe Backqualität aus ökologischer Erzeugung gerecht wird. Voraussetzung bleibt die Nutzung von E-Weizensorten und eine gute Stickstoffversorgung durch die Vorfrucht. Aus Gründen einer erhöhten Erosionsdisposition bei 50 cm Reihenabstand sowie zur Verbesserung des Vorfruchtwertes des Weizens wird die Begrünung der Reihenzwischenräume mit Leguminosen im zeitigen Frühjahr für notwendig gehalten. Zur Eindämmung von Konkurrenzbeziehungen

zwischen Deckfrucht und Untersaaten ist der Einsatz von Mulchtechnik erforderlich. Bei Verzicht auf das Mulchen ist mit Qualitätseinbußen zu rechnen.

Tab. 3: Bodenabtrag in t/ha in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat unter Laborbedingungen (Messungen am bewachsenen Boden vor dem Ährenschieben, Proben vom Standort Wetterau, Vegetationsjahr 2001)

		Bodenabtrag (t/ha)									
Varianten**		Schwach-regen 10 Minuten		Schwach-regen 10 Minuten		Stark-regen 2 Minuten		Stark-regen 2 Minuten		Gesamt	
Kontrollen	12,5 cm	2,06	a*	1,73	a	6,82	a	9,31	a	19,92	a
	50,0 cm	1,22	b	1,91	a	11,97	b	10,97	b	26,07	b
Reihenweite 50 cm, gemulcht	US I	0,0	c	0,63	c	0,81	c	1,74	c	3,17	c
	US II	1,58	b	2,29	b	9,04	ab	9,14	ab	22,05	ab

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test ≤ 0,05

**Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand
50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand
US I Aussaat der Untersaat im Herbst
US II Aussaat der Untersaat im Frühjahr

Die betriebswirtschaftlichen Untersuchungen haben gezeigt, dass – eine Realisierung von Preisaufschlägen für Qualitätsweizen vorausgesetzt – durch den Anbau von Winterweizen in Weiter Reihe der gesamtbetriebliche Gewinnbeitrag des Weizens ansteigt (NIEBERG et al., 2003). Bei überbetrieblicher Nutzung des kostenintensiveren Reihenmulchgerätes wird die Rentabilität des Verfahrens weiter erhöht. Eine Einführung des Anbauverfahrens lohnt sich besonders dann, wenn daraus positive Effekte für andere Produktionsverfahren resultieren und eine gesamtbetriebliche Anpassung möglich ist.

Literatur

Becker, K. und G. Leithold (2003): Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen im Ökologischen Landbau. FE-Bericht Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Organischen Landbau, http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2003/1157

Germeier, C.U. (2000): Wide Row Spacing and Living Mulch: New Strategies for Producing High Protein Grains in Organic Cereal Production. Biological Agriculture and Horticulture, 18, 127-139

Nieberg, H., R. Strohm-Lömpcke und J. Riedel, 2003: Wirtschaftlichkeit des Anbausystems „Weite Reihe“ im Getreideanbau. In Freyer, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien, 85-88

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 63–66 (2003)

Der viehlose Ökobetrieb – die Problematik um Fruchtfolge und N-Kreislauf

PD Dr. Jürgen Debruck*

Einleitung

Die Entwicklung des ökologischen Landbaus in Deutschland ist auch eine Entwicklung der Fruchtfolgen und Anbausysteme. Nachdem sich nach dem 2. Weltkrieg die schon vordem konstituierten Bioverbände DEMETER und BIOLAND allmählich neu zu formieren begannen, folgte die Umstellung von Betrieben ab den 60er Jahren. Bei Fehlen von Vorbildern waren es meist Pioniere mit hehren Vorstellungen, die die Anbaurichtlinien peinlichst befolgten. Die unmittelbare Abhängigkeit vom Kreislauf „Boden – Pflanze – Mensch und Tier“ schrieb dem viehhaltenden Betrieb eine zwangsläufig auf dem Feldfutterbau basierende vielfrüchtige Anbaufolge vor. Zusammen mit der N-Bildung durch Leguminosen und dem Nährstoffrückfluss aus den Wirtschaftdüngern waren und sind es noch heute aus naturwissenschaftlicher Sicht gesunde Betriebe. Aus ökonomischer Sicht sind es jedoch bei stets mangelnder Biovermarktung der Veredlungsprodukte sind es ökonomisch jedoch vielfach Grenzfälle.

Diese Situation war schon frühzeitig Anreiz für die Umstellung von Marktfruchtbetrieben. Mit der Anerkennung taten sich die Bioverbände anfänglich schwer in dem Wissen, dass die Fruchtfolge an den Futterpflanzen verarmt und der restliche Leguminosenanbau je nach Umfang zum Engpass in der N-Versorgung führen kann. Nach Schätzungen auf dem Wiener Ökokongress 2003 arbeitet heute bereits jeder vierte Betrieb ohne Rindvieh und mit der Umstellung kommen ständig neue hinzu. Der arbeitswirtschaftliche Anreiz ist groß und dennoch kommen diese Betriebe vielfach in Schwierigkeiten:

- Zum einen sind es die vereinfachten Fruchtfolgen. Hafer, Sommergerste und neuerdings auch Roggen finden nur erschwert und zu nicht akzeptablen Preisen Absatz, so dass sich allmählich, vergleichbar den konventionellen Betrieben, auch hier der Weizen allgegenwärtig in den Vordergrund schiebt. Zur Beurteilung der Fruchtfolgesituation gehört auch die Tatsache, dass die viehlosen Betriebe gewöhnlich nicht bereit sind, mehr als den gesetzlichen Flächenstillegungsanteil von 10 Prozent in Anspruch zu nehmen. Einerseits bekommen sie darauf keine Ökoprämie, zum anderen will man nicht auf Produktionsfläche verzichten. Verständlich wird das nur, wenn bei diesen Überlegungen die Körnerleguminosen gebührend beachtet werden. Aber auch ihr Anteil beschränkt sich in der Regel auf ein Fruchtfolgefeld, da gegen die phytopathologische Belastung von Bohnen, Erbsen und Lupinen noch keine wirksamen biologischen Bekämpfungsmaßnahmen existieren.
- Die begrünte Stillegung und der Körnerleguminosenanbau sind in Trockengebieten die einzigen N-Spender. Die einjährige Grünbrache trägt maximal zwei Getreidefelder, die Körnerleguminose ein Feld. Jede Abweichung zu Gunsten des Getreides führt zu Stickstoffmangel, der auf den leichteren Standorten schneller und prekärer einsetzt als auf den guten Böden der Ackerebenen.

Praktikable Recherchen zu Fruchtfolgen und N-Salden sollen Lösungsansätze für das praktisch Machbare aufzeigen.

* Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau, Sachsen-Anhalt

Material und Methoden

Am Standort Bernburg, Südrand der Magdeburger Börde mit 470 mm Niederschlag, kam im Herbst 1993 ein Fruchtfolge/Anbau-Systemversuch, vergleichbar dem DOK-Versuch Oberwil/Schweiz, zur Anlage. Der Ökobetrieb a3 mit 1 und 1,5 GV/ha ist Bemessungsgrundlage für den konventionell geführten Betrieb a1 insofern, als er die Stallmistnährstoffe in mineralischer Form erhält.

Der viehlose Betrieb a2 läuft mit Null (0) N und N entsprechend 0,5 GV/ha in Form organischer Handelsdünger. Die für jedes System 8feldrige horizontale Anlage wurde mit der Ernte 2001 einmal von der Fruchtfolge durchlaufen.

Eine weitere Möglichkeit, Stellung zum Thema Fruchtfolge-Bilanz zu beziehen, ist eine empirische Rekonstruktion ökologischen Wirtschaftens auf Basis jahrzehntelanger Erfahrung.

Ergebnisse und Diskussion

Für den Bernburger KA-Systemversuch sind in Abbildung 1 die Fruchtfolgen genannt. Sie haben alle 62,5% Getreide, davon 2 x WW und je 1 x Ro, SG und Ha. Sie laufen wegen des semiariden Klimas grundsätzlich ohne Zwischenfrucht und geraten dadurch zwangsläufig in eine negative N-Bilanzierung, weil 1 GV/ha mit 55 N analog 1,5 GV = 85 N, bei entsprechender Wüchsigkeit des Standortes nicht ausreichen. Für das konventionelle und ökologisch viehlose System sind die Erträge Spiegelbild der N-Bilanz. Sie hat im Ökobetrieb a2 mit – 55 kg/ha/ Jahr die Größenordnung der jährlichen Mineralisation erreicht und wird zukünftig in der Ertragsbildung ganz abhängig davon sein, was der Boden noch zu mineralisieren vermag. Die N-Bilanz im viehhaltenden Betrieb ist im gezeigten Beispiel Null (0), weil die schlechte N-Ausnutzung aus dem Stallmist und letztlich auch dem Luzerne/Gras eine höhere Ertragsbildung mit höherem N-Entzug verhindert.

Nach Kenntnis derartiger Systemwirkungen wären die Fruchtfolgen umzustellen oder aber Aussagen und Empfehlungen für die Praxis abzuleiten. Unterstützend werden dazu die Tabellen 1 und 2 mit ihren Aussagen zur N-Versorgung in Ökobetrieben verwand.

Tab. 1: Zur N –Versorgung in Ökobetrieben mit Rindviehhaltung (0,8 GV/ha)
- Pauschalangaben –

Fruchtfolge	Stall-mist dt/ha	N - Ver-sorg. kg/ha	Ertrag dt/ha	N-Entzug kg/ha	N – Saldo kg/ha
1. Klee/ Luz.-Gras		180	-		270
2. Klee /Luz.-Gras	160	90	-		
3. Wi-Weizen			70	120	150
4. Roggen	200	120	60	80	250
Klee-Unters.		60			
5. Kö-Leguminosen		80	30	-	330
6. Wi-Weizen	200	120	60	95	355
7. So-Gerste /Hafer			45	75	285
Ansaat für 1./2.					
Summe	560	650	265	370	
Jährlich (1. – 7.)	**80**	**95**	**55**	**75**	
pro Getreidefrucht		**150**			

1. In rindviehhaltenden Betrieben sind der Fruchtfolge- und N-Kreislauf geschlossen. Der Zwang zu Feldfutter- und Leguminosenanbau, die geschickte Platzierung der Getreidekulturen mit einem Anbauumfang bis 60 Prozent und der anfallende Wirtschaftsdünger hinterlassen eine positive N-Bilanz. Das jährlich hohe N-Angebot in organischer Bindung steht nicht immer im Verhältnis zum Ertrag. Aufbereitung und Applikation der Wirtschaftsdünger sind verbesserungswürdig und neu zu überdenken.

2. Ökobetriebe ohne Viehhaltung unterliegen der Versuchung, Verkaufskulturen in der Fruchtfolge auf Kosten von Leguminosen im Hauptanbau über zu betonen. Nach Tabelle 2 geht das in humiden Klimalagen, wo das Wasser jegliche Form des Zwischenfruchtbaus zulässt. Man kommt nach Tabelle 2 so auf eine jährliches Angebot von 60 N und mehr. Zusammen mit Nmin sind durchschnittliche Getreideerträge von 40 – 50 dt/ha realisierbar.

3. In Trockengebieten um die 500 mm Niederschlag ist von einem Zwischenfruchtbau abzuraten. Sofort schrumpft das pflanzliche N-Angebot auf rd. 35 kg/ha/Jahr und führt zu einer negativen N-Bilanz. In solchen Fällen bestimmt nur noch die Freigabe an Boden – Nmin über Ertrag und Qualität. Die Bodengüte wird jetzt zum alles entscheidenden Faktor.

Tab. 2: Zur N -Versorgung in Ökobetrieben ohneRindviehhaltung
- Pauschalangaben -

Statistischer **Fruchtfolgeaufbau**	**Humide Klimagebiete (> 650 mm NS)**					**Trockengebiete (< 500 mm NS)**				
	Gründg. (GD)	**Legum. N kg/ha**	**Ertrag dt/ha**	**Entz. N kg/ha**	**Saldo N kg/ha**	**GD**	**Legum. N kg/ha**	**Ertrag dt/ha**	**Entz. N kg/ha**	**Saldo N kg/ha**
1.Begrünte Rot. Brache	*Klee /Luz.-Gras*	180	-	-	180	Klee/ Luz.	180	-	-	180
2. Wi-Weizen	*Wicken o. Erbsen*	80	60	100	160	-	-	65	90	90
3. Kartoffeln / Gemüse	-	-	300	120	40	-	-	250	100	-10
4. Roggen	*Weißklee-Us.*	60	45	60	40	-	-	35	50	-60
5. A-Bohnen	*Phac. /Senf*	80	30	-	120	Kö-Leg.	80	30	-	20
6. Wi-Weizen	*Erbsen /So-Bl.*	60	50	80	100	-	-	40	65	-45
7. So-Gerste	*Aussaat Rotat. Begrünung*	-	35	60	40	-	-	30	45	-90
Summe / Saldo		460	220 (o. 3.)	420	**40**		260	200 (o. 3.)	350	**-90**
Jährlich		**65**	**45** (o. 3.)	**80**			**35**	**< 40** (o. 3.)	**60**	
Pro Getreidefrucht		**85**					**40**			

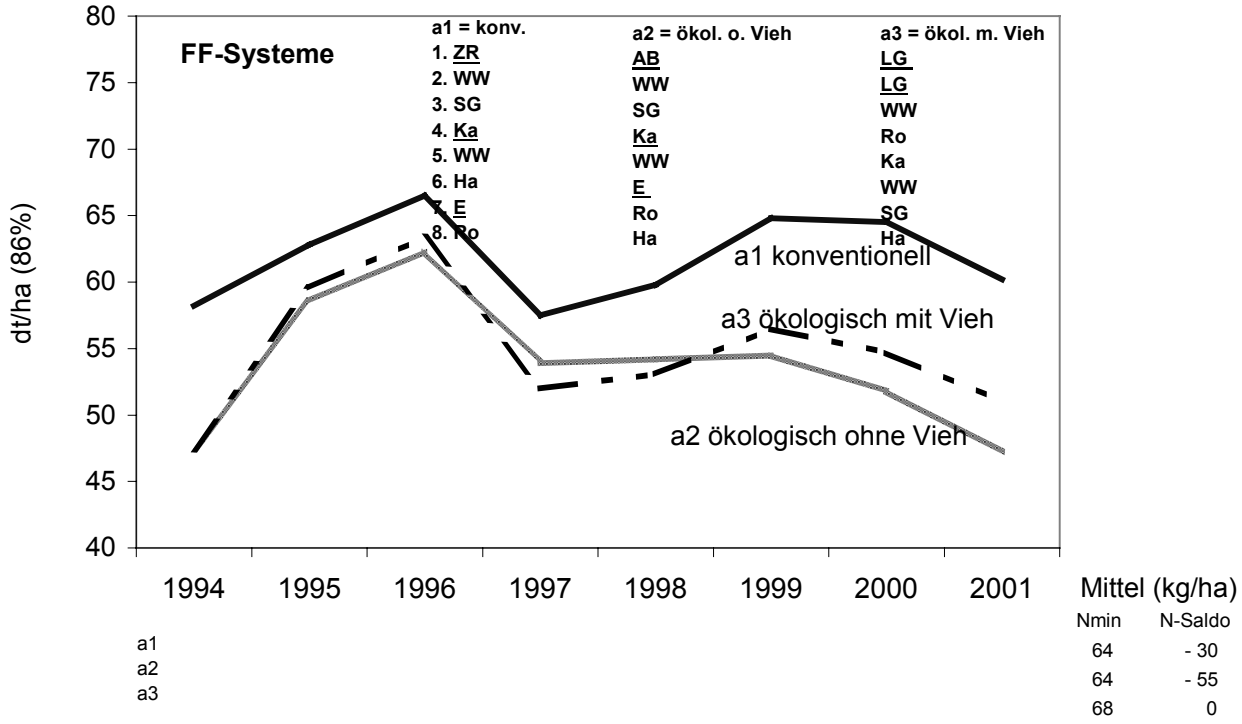


Abb. 1: Getreide im ökologischen Landbau
Systemvergleich konventionell (K) – alternativ (A)
LLG Bernburg, zweij. gleitendes Mittel

Literatur

Freyer, B. (2003): Vorwort zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau in Wien. Tagungsband.

Ruhe, J. / Loges, R. und Taube, F. (2003): Stickstoffflüsse in Fruchtflgen des ökologischen und konventionellen Landbaus – Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Linhof. 7. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 28 – 29.

Besson, J.-M. und Niggli, U. (1995): DOK-Versuch: Vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-Dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. Schweizerische landwirtschaftliche Forschung, 79 – 109, 565 – 579.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 67–70 (2003)

Vergleichende Untersuchungen verschiedener Systeme der Teilschlagdüngung bei Winterweizen

Huber, G., F.-X. Maidl, J. Schächtl*

Einleitung

Für die teilschlagspezifische Düngung von Getreide werden verschiedene Ansätze diskutiert. Grundlage für 'Mapping'-Systeme sind zeitlich konstante Parameter, wie Bodeneigenschaften oder Ertragsmuster früherer Jahre. Der Online-Ansatz des bereits für die Praxis verfügbaren 'Hydro-N-Sensors' basiert auf der aktuellen Bestandesentwicklung, womit jahrgangsspezifische Einflüsse Berücksichtigung finden. Ein kombiniertes System 'Online+Map' kann, über eine Kombination von Pflanzen-Bonituren mit Standortinformationen, die Bestandesführung am Ertragspotential des Teilschlages ausrichten. Diepolder (1994) konnte für Winterweizen zeigen, daß eine hohe Effizienz der Stickstoffdüngung mittels bestimmter N-Aufnahmeverläufe zu erreichen ist, die für das Ertragsziel charakteristisch sind. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist der Vergleich unterschiedlicher Verfahren zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung von Winterweizen. Besondere Beachtung gilt dabei neben den Ertrags- und Qualitätsdaten der Düngereffizienz sowie der Nährstoffbilanz.

Material und Methoden

In den Jahren 2000 und 2001 wurden auf heterogenen Schlägen des Klostergutes Scheyern im südbayerischen Tertiär-Hügelland Streifenversuche in Winterweizen durchgeführt. Grunddüngung und Pflanzenschutz erfolgten flächeneinheitlich betriebsüblich. Die Einteilung in 'Hoch-', 'Mittel-' und 'Niedrigertragsbereich' orientierte sich an einer mehrjährigen Kartierung der Mähdruscherträge. Innerhalb des jeweiligen Ertragsbereichs wurden in drei- bis fünffacher Wiederholung jeweils 12 m² große Parzellen angelegt. Zur Beerntung kam ein Parzellenmähdrescher zum Einsatz. Die zu vergleichenden Düngungsvarianten 'Einheitlich' (betriebsüblich), 'Mapping' und 'Online+Map' wurden, mehrfach wiederholt, in nebeneinander liegenden Bewirtschaftungsstreifen mit 7,50 m Breite plaziert. Im Jahr 2001 wurde zusätzlich die Variante 'Hydro-N-Sensor' in den Vergleich mit aufgenommen.

Bei der 'Mapping'-Bewirtschaftung wurde die Düngung auf den Teilflächen hohen Ertragspotentials erhöht, in Feldbereichen niedriger Ertragsfähigkeit vermindert (Tabelle 1). Die N-Applikation der Variante 'Online+Map' war zu Vegetationsbeginn verhalten flächeneinheitlich. Die Gaben zu EC 32 und zu EC 49 basierten im ersten Jahr auf manuellen Biomassebeprobungen und im zweiten Jahr auf der reflexionsoptischen Messung mit einem handgehaltenen Zweikanal-Spektrometer. Dieses Gerät des Herstellers Tec5 registrierte die Reflexionssignatur des Bestandes. Nach Errechnung des Vegetationsindex REIP nach Guyot & Baret (1988) wurde, mit Hilfe einer Kalibrierung anhand von Referenzproben, die aktuelle Stickstoffaufnahme jeder Parzelle ermittelt. Die empfohlene Düngungshöhe entsprach der Differenz zwischen der aktuellen N-Aufnahme und dem vom Ertragsziel abhängigen Aufnahmesoll bis zur Anschlußgabe (EC 32 bis EC 49) bzw. Reife der Kultur (EC 49 bis EC 92). Abbildung 1 zeigt die Vorgehensweise am Beispiel der Spätdüngung des Jahres 2001.

* Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, TU München-Weihenstephan, Alte Akademie 12, 85350 Freising

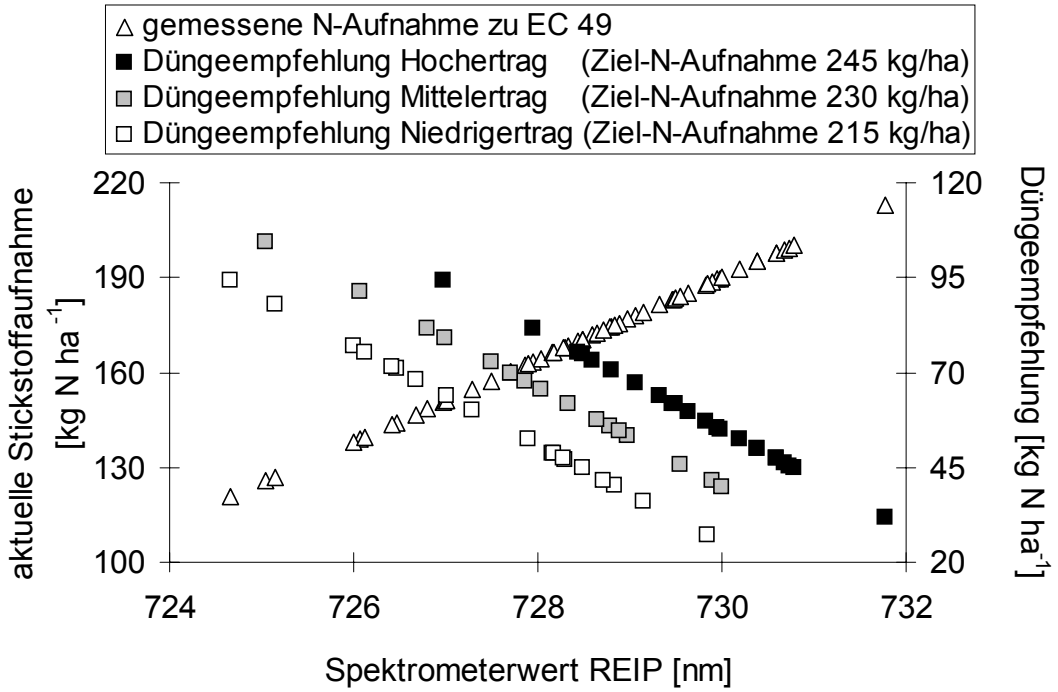


Abb. 1: Biomasse-Bonitur zu EC 49 anhand des Vegetationsindex REIP (Dreiecke) und daraus abgeleitete Düngeempfehlung (Quadrate) für die Ertragsbereiche 'Hoch' (schwarz), 'Mittel' (grau) und 'Niedrig' (weiß)

Beim System 'Hydro-N-Sensor' wurde zu EC 32 und EC 49 gemäß dem vom Hersteller vorgegebenen Algorithmus des Jahres 2000 variabel gedüngt. Dies erfolgte ebenfalls auf Basis von reflexionsoptischen Bonituren per Spektrometer. Liegt der jeweils aktuelle Biomasse-Meßwert, der aus den Reflexionsdaten abgeleitet wird, unter dem, vom Anwender vorgegebenen Referenzwert der agronomischen Kalibrierung, so wird die Düngermenge im Vergleich zum Vorgabewert erhöht. Umgekehrt erhalten stärker versorgte Abschnitte entsprechend geringere Mengen. Bei diesem Ansatz ist der aktuelle Zustand des Biomasseaufwuchses die alleinige Entscheidungsgrundlage für die Variation der Ausbringmenge.

Ergebnisse und Diskussion

Das System 'Hydro-N-Sensor' führte den Bestand im Sinne einer über das Feld einheitlichen Nährstoffversorgung. So wurde in den Zonen minderer Ertragsfähigkeit, aufgrund des geringeren Biomassewachstums, deutlich mehr Dünger appliziert, in ertragsstarken Feldbereichen hingegen weniger (Tabelle 1).

Tab. 1: Gedüngte N-Menge im Mittel der Jahre 2000 und 2001
(Hydro-N-Sensor nur 2001)

Ertragspotential	'Einheitlich'	'Mapping'	'Online+Map'	'Hydro-N-Sensor'
		Differenz zur einheitlichen Düngung		
hoch	170 kg N ha^{-1}	+16%	variabel +11%	variabel - 9%
mittel	170 kg N ha^{-1}	± 0%	variabel + 7%	variabel + 7%
niedrig	170 kg N ha^{-1}	-16%	variabel - 3%	variabel +13%
gesamter Schlag	170 kg N ha^{-1}	± 0%	variabel + 5%	variabel + 4%

Beim ’Online+Map’-Verfahren war die bonitierte aktuelle N-Aufnahme im Niedrigertragsbereich unterdurchschnittlich. Das zugleich geringere Aufnahmesoll dieses Feldbereiches (Abbildung 1) kam aber stärker zur Geltung und bewirkte im Mittel einen leicht verminderten N-Einsatz. Für den Hochertragsbereich gilt entsprechend das Gegenteil.

Im Mittel beider Jahre lag das ’Online+Map’-System hinsichtlich Kornertrag und Proteingehalt signifikant höher als die beiden anderen Bewirtschaftungsansätze, die sich nur unwesentlich unterschieden (Tabelle 2).

Die Differenzierung zwischen den Strategien war um so ausgeprägter, je schlechter die Ertragsfähigkeit des Standortes und je geringer damit die N-Nachlieferung aus dem Boden war. Erwartungsgemäß verstärkten sich bei der ’Mapping’-Düngung die Ertrags- und Qualitätsunterschiede zwischen den Ertragszonen. Die erhöhte Applikation in der Hochertragszone konnte die Qualität verbessern, den Ertrag jedoch nicht steigern. Die Düngereinsparung im Niedrigertrags-Teilschlag führte zu Einbußen bezüglich Erntemenge und Qualität.

Tab. 2: Kornertrag, Proteingehalt und N-Aufnahme (Mittel der Jahre 2000 und 2001); unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile bezeichnen signifikante Unterschiede mit $p<0,05$

Ertragspotential	’Einheitlich’	’Mapping’	’Online+Map’
	Kornertrag [t ha^{-1}]		
hoch	9,65	9,48	9,75
mittel	----------8,76 a----------		9,19 b
niedrig	8,63 ab	8,28 a	9,12 b
gesamter Schlag	9,01 a	8,84 a	9,35 b
	Proteingehalt [%]		
hoch	12,1	12,5	12,5
mittel	---------- 11,5 a ----------		12,4 b
niedrig	11,6	11,0	11,7
gesamter Schlag	11,7 a	11,7 a	12,2 b
	Stickstoffaufnahme ins Korn [kg N ha^{-1}]		
hoch	176	179	184
mittel	----------152 a----------		172 b
niedrig	152 ab	139 a	161 b
gesamter Schlag	160 a	156 a	172 b

Die im zweiten Versuchsjahr eingeführte Variante ’Hydro-N-Sensor’ zeichnete sich dadurch aus, daß der Bestand, unabhängig von der Bodengüte, auf ein mittleres Versorgungsniveau eingestellt wurde. Die dadurch erzielten Ertrags- und Qualitätswerte waren im Vergleich zu ’Einheitlich’ und ’Mapping’ wesentlich verbessert (nicht dargestellt). Sie unterschieden sich in keinem Fall signifikant vom Verfahren ’Online+Map’, wohingegen sich die applizierten Düngermengen deutlich unterschieden. Daher kam es zu großen Abweichungen hinsichtlich N-Effizienz und Stickstoffbilanz und dies vor allem im Niedrigertragsbereich, wo zu EC 32 und EC 49 geringe N-Aufnahmen in die Biomasse gemessen wurden (Tabelle 3). Beim System ’Hydro-N-Sensor’ wurde hier hoch nachgedüngt; beim ’Online+Map’-Verfahren wurde über den standortbedingt niedrigen Sollwert eine unproduktive Überdüngung vermieden und mittels einer verminderten Applikation die N-Verwertung und N-Bilanz deutlich verbessert.

Tab. 3: N-Düngung gesamt, N-Effizienz und Korn-N-Bilanz im Jahr 2001; unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile bezeichnen signifikante Unterschiede mit $p<0,05$

Ertragspotential	'Einheitlich'	'Mapping'	'Online+Map'	'Hydro-N-Sensor'
	N-Düngung gesamt [kg ha^{-1}]			
hoch	180	200	175	163
mittel	----------180----------		180	193
niedrig	180	160 a	146	204
gesamter Schlag	180	180 a	167	187
	N-Nutzungsindex [1)]			
hoch	0,66	0,59	0,75	0,80
mittel	---------- 0,48 a ----------		0,72 b	0,64 b
niedrig	0,56 a	0,53 a	0,86 b	0,54 a
gesamter Schlag	0,57 a	0,53 a	0,78 b	0,66 ab
	Korn-N-Bilanz [kg N ha^{-1}] [2)]			
hoch	3,6	23,2	-9,6	-19,2
mittel	---------- 48,2 b----------		10,5 a	26,5 ab
niedrig	45,2 ab	40,4 ab	-8,0 a	60,5 b
gesamter Schlag	32,3 b	37,3 b	-2,4 a	22,6 ab

[1)] N-Nutzungsindex = (N-Aufnahme Korn - N-Aufnahme Korn (ungedüngt)) * $(\text{N-Düngermenge})^{-1}$
[2)] N-Bilanz = (N-Düngermenge) - N-Aufnahme Korn

In Übereinstimmung mit Ergebnissen von Link & Jasper (2003) ließ sich insgesamt eine eindeutige Überlegenheit der Verfahren, die sich auf Pflanzenbonituren stützen, nachweisen. Dies ist auch ein Effekt einer kleinräumig bedarfsgerechteren Verteilung aufgrund der parzellenweisen Biomassebonitur mit einer hohen Flächenauflösung von etwa 10 m². Das reine Pflanzenbonitur-Verfahren 'Hydro-N-Sensor' brachte für den gesamten Schlag eine signifikante Verbesserung hinsichtlich Ertrag, Qualität, und N-Effizienz. Auf den schwachen Standorten konnten durch die zusätzliche Einbeziehung der Standortinformationen ('Online+Map') die günstigsten N-Verwertungsraten erzielt werden. Der mittlerweile veränderte Algorithmus des 'Hydro-N-Sensors' zur Qualitäts-Spätdüngung läßt ebenfalls eine Effizienzsteigerung erwarten.

Literatur

Guyot, G. & F. Baret, 1988: Utilisation de la haute resolution spectrale pour suivre l' état des couverts vegetaux. In: Proceedings of the 4th Colloquium on Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing. ESA SP-287 279-286.

Diepolder, M., 1994: Untersuchungen zur Ableitung von Richtlinien für die Optimierung der N Düngung zu Winterweizen. Diss. TU München-Weihenstephan.

Link, A. & J. Jasper, 2003: Site-specific N fertilization based on remote sensing – Is it necessary to take yield variability into account? Precision Agriculture – Proceedings of the 4th ECPA. 353-395.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 71–74 (2003)

Ist eine sensorgestützte Stickstoffdüngung von Kartoffelbeständen durchführbar?

Josef Schächtl, Franz-Xaver Maidl und Georg Huber*

Einleitung

Kartoffelpflanzen nehmen in den ersten Wochen nach dem Legen nur eine geringe Stickstoffmenge auf und ernähren sich hauptsächlich durch das hohe Nährstoffreservoir der Mutterknolle. Übermäßige Stickstoffgaben vor dem Auflaufen der Kartoffeln unterliegen folglich bei ungünstigen Witterungsbedingungen und auf leichten Standorten einer hohen Auswaschungsgefahr. Dies führt zu unproduktiven Verlusten für den Landwirt sowie zu ökologischen Belastungen.

Bei einer Düngung nach dem Auflaufen wird die Stickstoffgabe in zeitlicher Übereinstimmung mit dem Pflanzenbedarf appliziert. Außerdem kann die aktuelle Stickstoffversorgung des Pflanzenbestandes bei der Bemessung der Düngergabe berücksichtigt werden. In der jüngeren Vergangenheit wurden dafür zerstörungsfrei arbeitende Sensoren entwickelt, die hauptsächlich bei Mähdruschfrüchten eingesetzt wurden. In der vorliegenden Arbeit wurde die Eignung eines reflexionsoptischen Sensors zur Ermittlung von Aufwuchsmasse und Nährstoffversorgung von Kartoffelbeständen getestet. Daneben wurde in mehrjährigen Feldversuchen untersucht, welche Auswirkungen eine zeitliche Staffelung der Stickstoffdüngung bei Kartoffeln auf Ertrag und Qualitätsparameter der Knollen hat.

Material und Methoden

Die Parzellenversuche zu Kartoffeln wurden in den Jahren 2000 und 2001 auf einem lehmigen Sandboden in der Nähe von Freising in Südbayern durchgeführt. Das Legen erfolgte bei 75 cm Reihenabstand mit einer Bestandesdichte von 4,0 Knollen/m². Die angebauten Sorten Bonanza (Blatttyp) und Tomba (Stängeltyp) unterschieden sich im Habitus, wiesen aber ein vergleichbares Ertragspotential auf. Als Stickstoffdünger wurde Kalkammonsalpeter (27 % N) breitflächig appliziert. Die N-Düngevarianten unterschieden sich hinsichtlich Menge, Terminierung (zum Legen, zum Auflaufen, bei 25 cm und bei 50 cm Wuchshöhe) und Staffelung (Tab. 1).

Tab. 1: Düngevarianten und Düngermengen [kg N/ha] der Kartoffelversuche

Termin	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14
Legen	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	50	50	0	0
Auflaufen	0	50	100	150	0	0	0	50	50	0	0	0	50	50
25 cm	0	0	0	0	0	100	0	50	0	50	100	0	100	50
50 cm	0	0	0	0	0	0	100	0	50	50	0	100	0	50
N-Menge	0	50	100	150	100	100	0	100	100	100	150	150	150	150

Während der Vegetationsperiode wurden der Verlauf von Trockenmasseaufwuchs und Stickstoffaufnahme durch Zwischenernten ermittelt. Die reflexionsoptische Bonitur der Bestände erfolgte mit einem handgehaltenen Zwei-Kanal-Spektrometer des Herstellers tec5. Bei den Messungen wurde das Spektrometer etwa 50 cm über einer Kartoffelreihe in waagrechter Position gehalten. Die hyperspektrale Detektion der

* TU München-Weihenstephan, Lehrstuhl für Pflanzenbau und –züchtung, Alte Akademie 12, D-85350 Freising-Weihenstephan

Reflexion erfolgte im Bereich zwischen 360 nm und 1050 nm mit einer spektralen Auflösung von 3,2 nm. Die Reflexion bei bestimmten Wellenlängen (R_λ) wurde zur Errechnung von bekannten Vegetationsindizes (Reusch, 1997) verwendet:

- IRG = R_{780}/R_{550}
- R740/R730 = R_{740}/R_{730}
- R740/R720 = R_{740}/R_{720}
- REIP = $700+40*((R_{670}+R_{780})/2-R_{700})/(R_{740}-R_{700})$.

Varianz- und regressionsanalytische Auswertungen wurden mit dem Statistikpaket SPSS (Version 11.0) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Reflexionsoptische Bonitur von Aufwuchs und Nährstoffversorgung

Verschiedene Reflexionsindizes korrelierten sehr eng mit dem Spross-Trockenmasseaufwuchs, der Spross-N-Konzentration sowie dem Produkt dieser Parameter, der Spross-N-Aufnahme. Die beste Abbildung der Bestandesparameter wurde mit den Indizes REIP, IRG, R740/R730 und R740/R720 erreicht (Tab. 2), wobei sie sich in der Genauigkeit der Beziehung kaum unterschieden. Die Regressionsgleichungen waren sowohl abhängig von der Sorte wie auch vom Messtermin (nicht dargestellt).

In den ersten beiden Wochen nach dem Auflaufen war die Bestandesentwicklung trotz variabler Stickstoffandüngung einheitlich. Während dieses Zeitraums führte die berührungslose Bonitur von Aufwuchs und Versorgung zu unbefriedigenden Resultaten (Tab. 2). Dies ist sowohl auf geringe Wachstumsdifferenzierungen als auch dem Einfluß der Bodenreflexion bei geringer Bodenbedeckung des Kartoffelkrauts zuzuschreiben. Etwa ab drei Wochen nach dem Auflaufen waren gering mit Stickstoff versorgte Bestände signifikant von den höher gedüngten Parzellen zu unterscheiden (Abb. 1).

Tab. 2: Bestimmtheitsmaße der linearen Regression (y=a+b*x) zwischen Bestandesparametern (y) und Vegetationsindizes (x) in Abhängigkeit des Messtermins (dnA = Tage nach Auflaufen) (Sorte Bonanza, 2001)

Bestandes-Parameter (y)	Vegetations-index (x)	Bestimmtheitsmaß zum Termin				
		18 dnA	26 dnA	41 dnA	48 dnA	68 dnA
Spross-TM-Aufwuchs	IRG	n.s. [1]	0,66***	0,86***	0,84***	0,86***
	R740/R730	n.s.	0,66***	0,88***	0,84***	0,89***
	R740/R720	n.s.	0,67***	0,87***	0,84***	0,88***
	REIP	n.s.	0,66***	0,88***	0,85***	0,87***
Spross-N-Konzentration	IRG	n.s.	0,61***	0,71***	0,77***	0,83***
	R740/R730	n.s.	0,50**	0,72***	0,78***	0,88***
	R740/R720	n.s.	0,81***	0,72***	0,77***	0,87***
	REIP	n.s.	0,52**	0,74***	0,80***	0,90***
Spross-N-Aufnahme	IRG	n.s.	0,79***	0,87***	0,86***	0,88***
	R740/R730	n.s.	0,72***	0,89***	0,87***	0,90***
	R740/R720	n.s.	0,76***	0,88***	0,86***	0,89***
	REIP	n.s.	0,73***	0,90***	0,87***	0,88***

[1] *** signifikant bei p < 0,001; ** signifikant bei p < 0,01; n.s. nicht signifikant

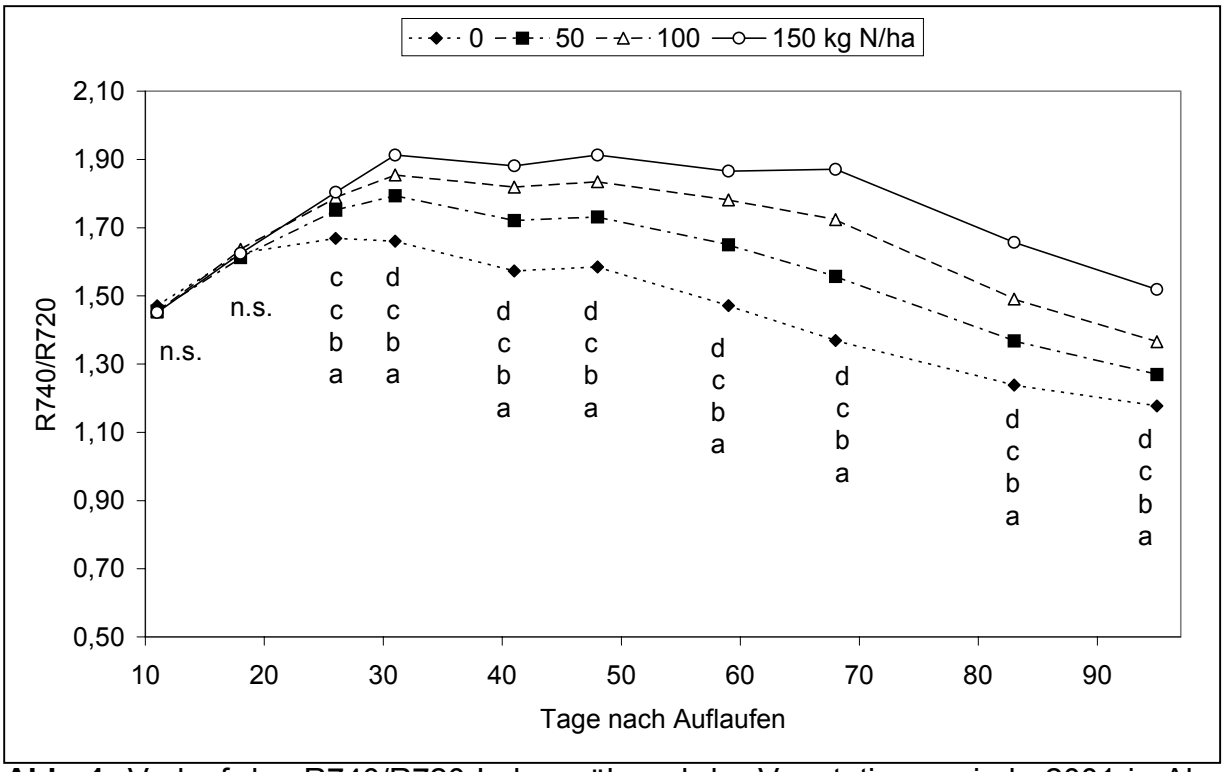


Abb. 1: Verlauf des R740/R720-Index während der Vegetationsperiode 2001 in Abhängigkeit der applizierten Stickstoffmenge zum Auflaufen

Terminierung und Staffelung der Stickstoffdüngung

In beiden Jahren war unabhängig von der Terminierung der Düngergabe von 100 kg N/ha zum Legen (V5), zum Auflaufen (V3) oder bei 25 cm Wuchshöhe des Kartoffelkrauts (V6) eine vergleichbare Ertragsbildung zu beobachten (Tab. 3). Lediglich die alleinige sehr späte N-Applikation der Variante 7 führte im Mittel der Jahre zu einem deutlichen Ertragsrückgang. Es erwies sich als notwendig, eine Teilmenge von 50 kg N/ha bis spätestens 25 cm Wuchshöhe auszubringen. Die weitere Terminierung der gestaffelt applizierten Düngung war nicht entscheidend. Dahingegen beeinträchtigte eine zu hohe Düngermenge zu einem späten Termin die Ertragsleistung (Tab. 4).

Diese Ergebnisse sind vor dem Hintergrund der stark variierenden Ertragsbildung der beiden Versuchsjahre zu betrachten. Im Jahr 2000 lag das mittlere Ertragspotential mit 640 dt/ha fast doppelt so hoch wie in 2001 mit 388 dt/ha. Ertragsmindernd wirkte im zweiten Versuchsjahr ein später Legetermin und eine verlangsamte Vegetationsentwicklung durch die kalte Frühjahrswitterung.

Unabhängig von der Höhe der Düngergabe wurde der Stärkegehalt der Knollen durch die Terminierung bzw. Staffelung der Stickstoffdüngung nicht beeinflusst (Tab. 3, Tab. 4). Dagegen war der Stärkeertrag bei sehr hoher und sehr später Düngerapplikation (V7 und V12) signifikant reduziert.

Die in verschiedenen Untersuchungen festgestellten hohen Rest-Nitratwerte im Boden nach der Kartoffelernte (Bélanger et al., 2003) sind in der folgenden Winterperiode auswaschungsgefährdet. In den vorliegenden Versuchen übertraf der N-Entzug durch die Knollen unabhängig von Terminierung und Staffelung der Stickstoffdüngung von 100 kg N/ha im ersten Versuchsjahr stets die applizierte Düngermenge. Dahingegen wurde im Jahr 2001 lediglich bei der späten gestaffelten Applikation (V10) Stickstoff in Höhe der gedüngten Menge entzogen.

Tab. 3: Knollenertrag, Stärkegehalt, Stärkeertrag und N-Entzug bei den Varianten mit der Düngermenge von 100 kg N/ha (Mittel über Jahre, Sorten)

Düngevariante	Knollenertrag [dt/ha]	Stärkegehalt [%]	Stärkeertrag [dt/ha]	N-Entzug [kg N/ha]
V5	528 b[1]	20,6	111 b	118 ab
V3	522 b	21,1	112 b	129 abc
V6	522 b	21,0	112 b	130 bc
V7	466 a	21,5	102 a	116 a
V8	522 b	21,1	112 b	124 ab
V9	513 b	21,3	112 b	127 abc
V10	520 b	21,1	112 b	139 c

[1] Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p < 0,05$ (Tukey-B-Test)

Tab. 4: Knollenertrag, Stärkegehalt, Stärkeertrag und N-Entzug bei den Varianten mit der Düngermenge von 150 kg N/ha (Mittel über Jahre, Sorten)

Düngevariante	Knollenertrag [dt/ha]	Stärkegehalt [%]	Stärkeertrag [dt/ha]	N-Entzug [kg N/ha]
V4	554 b[1]	20,6	116 b	145
V11	561 b	20,6	118 b	148
V12	520 a	20,7	109 a	141
V13	560 b	21,0	120 b	156
V14	556 b	20,9	117 b	151

Sensorgesteuerte Stickstoffdüngung

Die Ergebnisse sind vor dem Hintergrund der in den Versuchen vorherrschenden spezifischen Produktionsbedingungen mit natürlicher Abreife und später Ernte zu betrachten. Dadurch war eine gestaffelte und spät terminierte Düngerapplikation ohne Ertrags- und Qualitätseinbußen durchführbar. Wird die Andüngung in der frühen Vegetation unterlassenen oder fällt sie nur gering aus, kann durch sensorgesteuerte Bonitur die aktuelle Nährstoffversorgung bei der Nachdüngung berücksichtigt werden (Booji et al., 2001). In heterogenen Schlägen kann damit auf eine variable Stickstoffnachlieferung des Bodens während der Bestandesentwicklung reagiert werden.

Literatur

Bélanger, G., Ziadi, N., Walsh, J.R. et al. (2003) : Residual soil nitrate after potato harvest. Journal of Environmental Quality 32, 607-612.

Booji, R., Uenk, D., Lokhorst, C. et al. (2001): Monitoring crop nitrogen status in potatoes, using crop light reflection. In: Grenier G., Blackmore S. (Hrsg.): ECPA 2001, agro Montpellier, 893-897.

Reusch, S. (1997): Entwicklung eines reflektionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Forschungsbericht Agrartechnik 303,156 Seiten.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 75–78 (2003)

Tagesgänge ausgewählter Vegetationsindices in Winterweizen

E. Sticksel, J. Schächtl, G. Huber, J. Liebler, F.-X. Maidl*

Einleitung

Berührungslose Methoden zur Bonitur von Pflanzenbeständen werden zur Abschätzung des Biomasseaufwuchses bzw. der N-Aufnahme eingesetzt. Dabei wird aus dem Rückstreuverhalten der Bestandesoberfläche auf agronomisch relevante Parameter geschlossen, meist über die Berechnung eines Vegetationsindex. Ein für pflanzenbauliche Fragestellungen geeigneter Index muss sowohl sensitiv gegenüber Bestandesparametern sein als auch unempfindlich gegenüber wechselnden Umweltbedingungen. Ein wesentliches Kriterium ist dabei der problemlose Einsatz im Tagesverlauf. Um verschiedene Indices unter diesem Aspekt zu vergleichen, wurden in einem N-Düngungsversuch zu Winterweizen ausgewählte Indices zu unterschiedlichen Tageszeiten berechnet. In dieser Versuchsanstellung wird somit im wesentlichen der Einfluss wechselnder Einstrahlungswinkel auf die Reflexionseigenschaften von Bestandesoberflächen untersucht.

Material und Methoden

In den Erntejahren 2000 und 2001 wurden im südbayerischen Tertiären Hügelland Feldversuche zu Winterweizen mit den Faktoren 'Sorte' und 'N-Menge' angelegt (Tab. 1). Die Anlage zielte darauf ab, Unterschiede im oberirdischen Biomasseaufwuchs und der zugehörigen N-Aufnahme bereits in frühen Entwicklungsstadien zu induzieren bzw. eine weite Spanne bezüglich der Wuchseigenschaften von Weizen abzudecken. Die Versuchsflächen waren eben bis schwach geneigt, um den Einfluss von Exposition und Inklination zu minimieren.

Tab. 1: Wuchseigenschaften der Winterweizensorten und N-Düngung

Sorte	Eigenschaft		
Flair	hoher Chlorophyllgehalt		
Orestis	niedriger Chlorophyllgehalt		
Pegassos	planophile Blattstellung		
Xanthos	erektophile Blattstellung		
Cortez	tiefgrüne Blattfarbe		
Stickstoffmenge und -verteilung (kg N ha^{-1})			
Gesamtmenge	Vegetationsbeginn	EC 30	EC 49
0	0	0	0
100	30	30	40
160	60	60	40
220	90	90	40

Mit einem handgehaltenen, zweikanaligen Spektrometersystem (Tec5, Oberursel) wurde gleichzeitig die Einstrahlung und die Remission gemessen. Die Auflösung betrug 3.2 nm. Zur Berechnung der Reflexionssignatur wurde das Verhältnis aus Remission und Einstrahlung gebildet und um einen geräteinternen Standard korrigiert. Während der Messung wurde der Spektrometer senkrecht gehalten und 40 cm bis 50

* Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, TU München-Weihenstephan, Alte Akademie 12, 85350 Freising

cm über der Bestandesoberfläche geführt. Bei einem Öffnungswinkel des unteren Messkanals von 25° ergab sich so eine Messfläche von ca. 0.03 m². Die Messungen wurden in den Stadien EC 37, EC 39 und EC 49 durchgeführt. Der Anteil an unbedecktem Boden lag unter 15%. Es wurden 80 Parzellen jeweils von 6:00 bis 7:30, 11:30 bis 13:00 und 17:00 bis 18:30 (MESZ) vermessen. Dabei wurden wolkenfreie Tage gewählt, um den Anteil der diffusen Strahlung zu minimieren.

Als Referenz dienten Biomasseproben, die aus den jeweiligen Parzellen auf einer Fläche von 1.2 m² entnommen wurden. Bestimmt wurden der Trockenmasseertrag, die N-Konzentration in der Trockenmasse sowie die daraus berechnete N-Aufnahme.

Nach Literaturrecherchen wurden sechs Vegetationsindices ausgewählt, die mit dem Biomasseertrag oder der N-Aufnahme korrelieren (Tab. 2). Die Berechnung der Indices ist aus Reusch (1997) entnommen.

Tab. 2: Berechnung der verwendeten Vegetationsindices

Index	Berechnung
REIP	$700 + 40\ [(R_{670} + R_{780})/2 - R_{700}]/(R_{740} - R_{700})$
NDVI	$(R_{780} - R_{670})/(R_{780} + R_{670})$
IRR	R_{780}/R_{670}
IRG	R_{780}/R_{550}
IRI	R_{740}/R_{730}
GR	R_{550}/R_{670}

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikpaket SPSS (11.0.1).

Ergebnisse und Diskussion

Eine zunehmende N-Düngung bewirkte in allen Wachstumsstadien einen Anstieg des Trockenmasseertrages, der N-Konzentration sowie der N-Aufnahme (Tab. 3). Die Unterschiede waren signifikant, eine Sättigung in den hoch versorgten Varianten war nicht zu erkennen. Die höheren N-Aufnahmen in EC 39 gegenüber EC 49 waren auf die günstigeren Wachstumsbedingungen des Jahres 2000 zurückzuführen.

Die Unterschiede zwischen den Sorten waren statistisch nicht signifikant (nicht dargestellt), allerdings war die Differenzierung bezüglich Farbeindruck und Wuchseigenschaften offensichtlich.

Tab. 3: Trockenmasseertrag, N-Konzentration in der Trockenmasse und N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse für verschiedene N-Düngungsstufen und Entwicklungsstadien (Mittel über Sorten) (verschiedene Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede bei $p<0.05$)

	0 kg N ha^{-1}	100 kg N ha^{-1}	160 kg N ha^{-1}	220 kg N ha^{-1}
	Trockenmasseertrag (dt ha^{-1})			
EC 37 (2001)	18.3 a	28.9 b	35.1 c	41.5 d
EC 39 (2000)	34.4 a	46.9 b	54.9 c	61.4 d
EC 49 (2001)	30.5 a	51.0 b	58.4 c	68.9 d
	N Konzentration in der Trockenmasse (mg g^{-1})			
EC 37 (2001)	19.2 a	24.4 b	29.3 c	33.9 d
EC 39 (2000)	17.7 a	23.4 b	28.9 c	31.9 d
EC 49 (2001)	15.9 a	18.9 b	22.9 c	25.5 d
	N Aufnahme (kg N ha^{-1})			
EC 37 (2001)	35.0 a	70.4 b	102.6 c	140.4 d
EC 39 (2000)	61.3 a	109.4 b	158.6 c	196.5 d
EC 49 (2001)	48.7 a	96.4 b	134.0 c	175.7 d

In einer Varianzanalyse (nicht dargestellt) ergab sich ein überragender Einfluss des Faktors 'N-Düngung' auf die untersuchten Vegetationsindices. Der Einfluss von Sorte, EC-Stadium bzw. Tageszeit war von untergeordneter Bedeutung. Als wesentliches Ergebnis ist festzuhalten, dass für den REIP- und den IRI-Index keine Wechselwirkung 'N-Düngung' x 'Tageszeit' bzw. 'Sorte' x 'Tageszeit' errechnet wurde. Somit lässt die Berechnung des REIP und des IRI verlässliche und konsistente Ergebnisse bei verschiedenen N-Stufen und Sorten unabhängig von der Tageszeit erwarten.

Alle Vegetationsindices zeigten signifikante Abweichungen zwischen den Messterminen morgens, mittags und abends (Tab. 4). Da die Indices unterschiedliche Größenordungen aufweisen, sind die Abweichungen relativ zum Höchstwert dargestellt, um eine unverzerrte Bewertung der Variation zu ermöglichen. Es zeigte sich, das der IRR-, IRG- und der GR-Index im Tagesverlauf den stärksten relativen Schwankungen unterlagen. Diese Indices sind deshalb ungeeignet zur Abschätzung agronomisch relevanter Parameter im Verlauf eines Tages.

Tab. 4: Absolute und relative Werte (in Klammern) ausgewählter Vegetationsindices in Abhängigkeit vom Aufnahmezeitpunkt (Mittel über Versuchsfaktoren 'Sorte', 'N-Düngung', 'EC-Stadium') (verschiedene Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede bei $p<0.05$)

	Vegetationsindex					
Tageszeit	REIP	NDVI	IRR	IRG	IRI	GR
morgens	725.5 b (99.9)	0.914 b (98.4)	28.9 b (92.6)	10.45 b (96.3)	1.45 b (100)	2.68 b (97.1)
mittags	725.2 a (99.9)	0.858 a (92.4)	20.7 a (66.3)	8.96 a (83.3)	1.41 a (97.2)	2.13 a (77.2)
abends	725.9 c (100)	0.920 b (100)	31.2 c (100)	10.84 c (100)	1.45 b (100)	2.76 c (100)

Der Versuchsfaktor 'N-Düngung' beeinflusste die Vegetationsindices eindeutig (Tab. 5). Wie erwartet, spiegelten sich ansteigende N-Mengen durch ansteigende Werte der Indices wider. Für den REIP-, den IRG- und den IRI-Index ergab sich dabei keine Sättigung, so dass auch hoch mit Stickstoff versorgte Bestände noch eindeutig von einander trennbar waren.

Tab. 5: Werte ausgewählter Vegetationsindices in Abhängigkeit von der N-Düngermenge (Mittel über Sorten, EC Stadien, Aufnahmezeitpunkt) (verschiedene Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede bei $p<0.05$)

	Vegetationsindex					
N-Düngermenge	REIP	NDVI	IRR	IRG	IRI	GR
0 kg N ha^{-1}	721.2 a	0.804 a	13.2 a	6.08 a	1.27 a	2.00 a
100 kg N ha^{-1}	725.1 b	0.921 b	27.0 b	9.88 b	1.44 b	2.64 b
160 kg N ha^{-1}	727.6 c	0.940 c	34.3 c	12.16 c	1.52 c	2.72 c
220 kg N ha^{-1}	728.3 d	0.940 c	34.5 c	12.49 d	1.53 d	2.79 c

Obwohl zwischen den Sorten keine nennenswerten Abweichungen hinsichtlich des Trockenmasseertrages oder der N-Aufnahme gemessen wurden, unterschieden sich die Indices verschiedener Sorten signifikant (Tab. 6). Die beobachtete Variation konnte anhand der Sorteneigenschaften erklärt werden. So sind die hohen Werte der Sorte 'Xanthos' zurückzuführen auf die erektophile Blattstellung, die ein tieferes Eindringen der Strahlung in den Bestand und somit eine stärkere Absorption ermöglich-

te. Die planophile Blattstellung von 'Pegassoss' hatte einen gegenteiligen Effekt. Hohe Werte bei 'Flair' sind durch den hohen Chlorophyll-Gehalt dieser Sorte bedingt, während der sortenspezifisch niedrige Chlorophyll-Gehalt von 'Orestis' niedrige Werte nach sich zog.

Von den geprüften Indices erwies sich der NDVI als am geringsten beeinflusst durch die unterschiedlichen Sorteneigenschaften.

Tab. 6: Werte ausgewählter Vegetationsindices für unterschiedliche Winterweizensorten (Mittel über N-Stufen, EC Stadien, Aufnahmezeitpunkt) (verschiedene Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede bei $p<0.05$)

	Vegetationsindex					
Sorte	REIP	NDVI	IRR	IRG	IRI	GR
Pegassos	724.3 a	0.896 a	24.0 a	8.80 a	1.40 a	2.62 a
Orestis	725.1 b	0.894 a	25.0 ab	9.52 b	1.42 b	2.49 b
Cortez	725.6 c	0.909 b	28.9 c	10.47 c	1.44 c	2.64 c
Flair	726.2 d	0.896 a	26.3 b	10.52 c	1.46 d	2.36 a
Xanthos	726.4 d	0.897 a	31.4 d	11.26 d	1.47 d	2.56 bc

Das Entwicklungsstadium beeinflusste die Werte der Vegetationsindices signifikant (Werte nicht dargestellt). Im Verlauf der Bestandesentwicklung änderten sich sortenspezifische Parameter. So war der erektophile Habitus von 'Xanthos' in späten Stadien deutlicher ausgeprägt als in frühen. Zudem variierten die Qualität und Intensität der Einstrahlung sowie der Anteil des unbewachsenen Bodens. Aufgrund dieser komplexen Faktorenkombination war der Einfluss des Entwicklungsstadiums auf das Rückstreuverhalten nicht eindeutig zu interpretieren. Die Aussagemöglichkeit eines Vegetationsindex bleibt somit auf das jeweilige Entwicklungsstadium begrenzt.

Die vorgestellten Ergebnisse lassen eine Bewertung der untersuchten Vegetationsindices hinsichtlich ihrer Eignung zur berührungslosen Bestandesbonitur im Tagesverlauf zu. Der REIP- und der IRI-Index unterlagen im Tagesverlauf den geringsten Schwankungen. Weiter konnten mit den genannten Indices auch hoch mit Stickstoff versorgte Winterweizenbestände voneinander getrennt werden. Beide Vegetationsindices sind somit hervorragend geeignet zur Erfassung von unterschiedlichen Trockenmasseerträgen und N-Aufnahmen. Allerdings waren beide Indices deutlich beeinflusst von Sorteneigenschaften, aber auch vom Entwicklungsstadium. Eine sortenspezifische Eichung der Indices, getrennt nach dem jeweiligen EC-Stadium, ist somit unbedingt erforderlich.

Literatur

Reusch, S. (1997): Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Diss. CAU Kiel.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 79–82 (2003)

Berücksichtigung der agrarökologischen Variabilität von Bodenkennziffern bei der Begründung teilflächenspezifischer Maßnahmen

D. Köppen*

Einleitung

Die effektive, differenzierte und umweltgerechte Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen (Precision Farming) hängt wesentlich von der Präzision der Daten ab, von denen die teilflächenspezifischen Maßnahmen abgeleitet werden sollen. Precision Farming setzt sowohl begründete Sollwerte als auch präzise, meistens aus Stichproben ermittelten Istwerte voraus.

Für die meisten Einflußgrößen auf die Bodenfruchtbarkeit (BFK) haben sich seit Jahrzehnten solche Sollwerte (BFK_s) bewährt, insbesondere zur Beurteilung des Bodengehaltes an pflanzenverfügbaren Nährstoffen. Dazu dienen vom Tongehalt des Bodens (Teilchen < 0,002 mm) abhängige Gehaltsklassen für die einzelnen Nährstoffe in fünf Kategorien (von „A“ niedriger bis „E“ sehr hoher Gehalt) (SCHWEDER et al. 1998). Die Gehaltsklassen geben feste Sollwertspannen vor, mit denen die aus Bodenproben ermittelten Istwerte (BFK_i) verglichen werden. Im Ergebnis der Gegenüberstellung dieser Bodenfruchtbarkeitskennziffern sind dann die erforderlichen agrotechnischen Maßnahmen abzuleiten.

Die spezifische Variabilität der einzelnen Kennziffern im Boden blieb dabei aus folgenden Gründen meistens unberücksichtigt:

- die Variabilität der Kennziffer für die Boden- und Bestandesführung ist unbekannt,
- die Variabilität der Kennziffern für die Boden- und Bestandesführung ist bekannt, kann aber wegen der nicht realisierbaren Konsequenzen (z. B. spezifischer, an die Variabilität der Kennziffern angepasster Stichprobenumfang) bei den agrotechnischen Maßnahmen nur unzureichend berücksichtigt werden.
- die Variabilität der Kennziffer für die Boden- und Bestandesführung ist bekannt, kann aber wegen des bisher fehlenden Algorithmus bei den agrotechnischen Maßnahmen nur unzureichend berücksichtigt werden.

Besonders bei der Ableitung teilflächenspezifischer Maßnahmen können dadurch schwerwiegende agronomische und ökologische Fehlentscheidungen getroffen werden.

Im folgenden Beitrag wird deshalb ein Algorithmus dargestellt und an Beispielen erläutert, mit dessen Hilfe Sollwerte unter Berücksichtigung der Variabilität der Istwerte präzisiert werden können.

Material und Methoden

Der Datenfundus für die Beurteilung der Variabilität und Präzision der Bodenfruchtbarkeitskennziffern ist in Sekundärauswertung von Versuchen ohne Eingriff (VoE) erarbeitet worden (KÖPPEN & KEITLINGHAUS 1999). Versuche ohne Eingriff nutzen die natürliche Variation von Einflußgrößen auf einer bestimmten Ackerfläche.

Die 23 ausgewerteten Versuche ohne Eingriff repräsentieren mittlere Diluvial- und Löss-Schwarzerde- Standorte (KÖPPEN 1993).

Jeder VoE charakterisiert einen bestimmten Schlag mit einem darauf etablierten Nutzungssystem. Auf diesen Schlägen wurden Erhebungsflächen von einem m^2 bei

* Prof. Dr. Detloff Köppen, Institut für umweltgerechten Pflanzenbau, Justus-von-Liebig-Weg 6, D-18051 Rostock

Getreide und 6,75 m^2 bei Zuckerrüben ausgegrenzt und gekennzeichnet. Am Parzellenrand wurden die Proben für die BFK_i gezogen und die Fläche selbst zur Ermittlung der pflanzenbaulichen Parameter bonitiert und geerntet. Die Bodenprobenahme und -untersuchung erfolgten nach einheitlichen Grundsätzen (KÖPPEN 1993) und entsprachen mit wenigen Ausnahmen (SCHWEDER et al. 1998) den VDLUFA-Methoden. Als Demonstrationsbeispiele für die darzustellende Methodik wurden jeweils die beiden VoE ausgewählt, die für die entsprechende Kennziffer den geringsten (Min.) und höchsten (Max.) Variationskoeffizienten aufwiesen.

Als Kriterien für die Variabilität wurden das Vertrauensintervall (Konfidenzintervall) (K) und der Variationskoeffizient (s%) berechnet. Für die Interpretation der BFK_{sp} ist zu beachten, dass die Stichproben von den D-Standorten neunfach und die von Löss-Standorten ca. 100fach wiederholt wurden (KÖPPEN & KEITLINGHAUS 1999).

Ergebnisse und Diskussion

Eine Verknüpfung der Variabilität des Istwerts mit dem Sollwert (Abb. 1) ist insbesondere für Algorithmen erforderlich, mit deren Hilfe computergestützt systematische und stochastische Fehler bei teilflächenspezifischen Maßnahmen minimiert werden sollen. Es muss vermieden werden, dass auf der Grundlage unpräziser Stichproben z.B. eine teilflächenspezifische Düngung mit großem technologischem Aufwand durchgeführt wird, obwohl das tatsächliche Versorgungsniveau diese Maßnahme nicht erfordert hätte.

$K\% = t_{(\alpha\,,\,FG)} \;\; s\% \;\; n^{-½}$

Beispiel aus Tab. 1, Zeile 6: $K\% = 1{,}98_{(5\%,\,108)} * 49{,}0 * 109^{-½} = 9{,}29\%$

$BFK_{sp} = BFK_s - (K\% \;\; BFK_s)\; 100^{-1}$

Beispiel aus Tab. 1, Zeile 6: $BFK_{sp} = 5{,}6 - (9{,}29 * 5{,}6)\; 100^{-1} = 5{,}08$ mg P

K% = halbes Konfidenzintervall,
s% = Variationskoeffizient für die einzelnen Kennziffern (KÖPPEN 1993),
n = Stichprobenumfang des VoE,
BFK_s = Bodenfruchtbarkeitskennziffer (Sollwert mg P $100g^{-1}$ Boden)
t-Verteilung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von α = 5% für die zweiseitige Fragestellung und n-1 Freiheitsgraden (FG),

Abb. 1: Berechnung des halben Konfidenzintervalls (K%) und des präzisierten Sollwertes (BFK_{sp})

Um diesen Fehler zu beurteilen oder zu vermeiden besteht die Möglichkeit der Verknüpfung von Variabilität und Sollwert. Es ist somit für jede Bodenfruchtbarkeitskennziffer ein präzisierter Sollwert zu ermitteln, der mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit Fehlentscheidungen ausschließt. Der präzisierte Sollwert (BFK_{sp}) gibt somit die Grenze an, bei deren Unterschreitung eine daraus abgeleitete teilflächenspezifische Düngung mit einer Wahrscheinlichkeit von 97,5% (α = 5%, zweiseitige Fragestellung) auch wirklich erforderlich ist.

Die Präzisierung erfolgt mit Hilfe des halben Konfidenzintervalles (K%), des Variationskoeffizienten (s%) für die einzelnen Kennziffern (KÖPPEN 1993) und der t-Verteilung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von α = 5% für die zweiseitige Fragestellung und n-1 Freiheitsgraden (FG) (Abb. 1).

Für die Interpretation des Beispieles (Abb. 1) würde sich ergeben, dass nur die Teilflächen in Gehaltsklasse B eingestuft werden dürfen, deren Istwerte den präzisierten Sollwert von 5,08 mg P 100 g^{-1} Boden unterschreiten.

Präzise Sollwerte sind für die Bodenführung eine generelle Voraussetzung. Die Methodik soll an Beispielen von Sollwertspannen zur Beurteilung der Bodengehalte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen (Tab. 1) erläutert werden.

Tab. 1: Variationskoeffizienten (s%) und halbes Konfidenzintervall (K%) zur Beurteilung von Ist- mit Sollwerten (SCHWEDER 1998) bei Makronährstoffen (mg 100 g^{-1} Boden) in Versuchen ohne Eingriff (VoE)

VoE Nr.	Kennziffern	Sollwerte-spanne	Istwerte		Präzisierter Sollwert
			s%	K%	
D-Standorte	P	5,60-8,00			
2	Min.		19,0	14,60	4,78
12	Max.		62,0	47,66	2,93
Löss-Standorte	P	5,60-8,00			
23	Min.		17,7	3,29	5,42
15	Max.		49,0	9,29	5,08
D-Standorte	K	8,00-12,00			
1	Min.		17,0	13,07	6,95
4	Max.		46,0	35,36	5,17
Löss-Standorte	K	13,00-18,00			
16	Min.		22,9	4,57	12,38
22	Max.		64,9	12,51	11,37
D-Standorte	Mg	8,00-10.00			
2	Min.		11,0	8,46	7,32
8	Max.		67,0	51,50	3,88
Löss-Standorte	Mg	12,00-16.00			
23	Min.		6,5	1,20	11,86
14	Max.		15,0	3,87	11,54

Für die D-Standorte ist der Variationskoeffizient aus VoE Nr.12 mit s% = 62 für den P-Sollwert zu berücksichtigen. Daraus ergibt sich, dass erst Bodengehalte von unter 2,9 mg P 100 g^{-1} Boden mit der angestrebten Wahrscheinlichkeit von 97,5% in die Gehaltsklasse B einzustufen sind. Auch bei der Einstufung der Kali-Istwerte führt die Verknüpfung der Variabilität im VoE Nr. 4 mit dem Sollwert zu einer wesentlichen Modifizierung der unteren Grenze der Gehaltsklasse C von BFK_s = 8,0 mg K 100 g^{-1} Boden auf BFK_{sp} = 5,2 mg K 100 g^{-1} Boden.

Bei Mg halbiert der präzisierte Sollwert die untere Grenze der Sollwertspanne auf D-Standorten von BFK_s = 8,0mg auf BFK_{sp} = 3,9 mg 100 g^{-1} Boden. Auf D-Standorten weichen die BFK_s stärker voneinander ab als auf Löss-Standorten.

Erst beim Unterschreiten der unteren Grenze der Gehaltsklasse C durch den Istwert (also Einstufung in die Gehaltsklasse B) ist eine Nährstoffzuführung über den Nährstoffentzug hinaus erforderlich. Deshalb stellt der Übergang von Gehaltsklasse C zu B eine sensible Grenze dar. Diese Grenze wird als Sollwert (BFK_s) definiert. Das Unterschreiten dieses Sollwertes durch den Istwert würde eine Düngungsempfehlung über den Entzug hinaus zur Folge haben und damit insbesondere bei der teilflächenspezifischen Boden- und Bestandesführung zu weitreichenden ökonomischen und technologischen Folgerungen führen.

Nährstoffentzüge lassen sich auch ohne Bodenproben über Nährstoffbilanzen ermitteln. Düngungsmaßnahmen über den Entzug hinaus können dagegen nur auf der Grundlage von Bodenuntersuchungen abgeleitet werden. Auch aus diesem Grunde ist der Sollwert im Vergleich zu den anderen Grenzen der einzelnen Gehaltsklassen ein exponiertes Entscheidungskriterium.

Die außerordentliche Bedeutung der unteren Grenze der Gehaltsklasse C soll mit folgender Beispielrechnung untersetzt werden (Abb. 2).

Eingangsgrößen aus Tab. 1, Zeile 3 s % = 62% K % = 48%
Gehaltsklasse C = 5,6 – 8,0 mg P 100 g^{-1} Boden

	BFK_s	K	BFK_{sp}
- obere Klassengrenze + K:	= 8,0 +	3,81 =	11,8
- obere Klassengrenze - K:	= 8,0 –	3,81 =	4,2
- untere Klassengrenze + K:	= 5,6 +	2,67 =	8,3
- untere Klassengrenze - K:	= 5,6 –	2,67 =	2,9

Abb. 2: Berechnung des halben Konfidenzintervalls (K in mg P 100g^{-1}Boden) und Präzisierung der Grenzwerte für die Gehaltsklasse C (Phosphor)

Als Schlussfolgerung aus diesem Beispiel lässt sich ableiten, dass erst aus Istwerten von unter 2,9 mg P 100 g^{-1} Boden geschlossen werden darf, eine P-Düngung über den Entzug hinaus zu verabreichen. Eine fehlerhafte Zuordnung im Grenzbereich der Gehaltsklasse B und C würde bedeuten, daß Düngungsmaßnahmen über den Entzug hinaus realisiert werden müßten, obwohl diese nicht erforderlich wären.

Präzisierte Sollwerte ermöglichen die Planung von agrotechnischen Maßnahmen, insbesondere für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung mit einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit und begrenzen so den Fehler 1. Art auf α und den Fehler 2. Art auf β, die sonst zu erheblichen ökonomischen und ökologischen Fehlentscheidungen führen können.

Literatur

Köppen, D., 1993: Agrochemische Bodenfruchtbarkeitskennziffern zur agrarökologischen Beurteilung von Bodennutzungssystemen. VDLUFA-Schriftenreihe 36, 186 S.

Köppen, D. & Ulrike Keitlinghaus, 1999: Zur Präzision agrochemischer Bodenfruchtbarkeitskennziffern für die teilflächenspezifische Bodenführung. Agribiological Research 52, 155-162.

Schweder, P., E. Kabe, & W. Neubauer, 1998: Düngung 1998 – Hinweise und Richtwerte für die landwirtschaftliche Praxis. LUFA Rostock, 136 S.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 83–86 (2003)

Einfluss der Kleegras-Nutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte

Dreymann, S., Loges, R., Taube, F.*

Einleitung

Unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus werden marktfähige Kulturarten (z.B. Backweizen, Speisehafer) in bevorzugter Fruchtfolgestellung direkt nach Leguminosen angebaut, um mit dem durch Leguminosen fixierten N ein hohes Ertrags- und Qualitätsniveau zu erzielen. In Norddeutschland sind häufig Rotklee/Gras-Gemenge die Haupt-N-Quelle der Fruchtfolgen. Der schlaggebundene N-Transfer von den Kleegras-Beständen zur Folgefrucht ist durch das kühl-humide Klima nur eingeschränkt möglich, da N in Form von Nitrat auswaschungsgefährdet ist. Besonders der Anbau von Winterweizen steht aufgrund des Kleegras-Umbruchs im Herbst in Verbindung mit einem hohen NO_3-N-Auswaschungsrisiko, das beim Kleegras-(KG)-Umbruch im Frühjahr vergleichsweise gering ist (RUHE et al., 2003). Je nach Betriebsausrichtung variiert jedoch die Nutzungsform von Kleegras-Beständen (futterbauliche Schnitt- vs. ackerbauliche Mulchnutzung), die den N-Pool der Fläche und die Ertragsleistung der KG-Folgefrucht beeinflusst. Untersuchungen zur N-Auswaschung in Abhängigkeit von der KG-Nutzung liegen in der Literatur kaum vor. In diesem Zusammenhang wird anhand eines mehrjährigen Feldversuches auf dem Versuchsgut für Ökologischen Landbau und extensive Landnutzungssysteme der CAU Kiel (Lindhof) die Bedeutung von KG-Nutzung und Umbruchzeitpunkt auf die N-Auswaschung in der ersten *und* zweiten Sickerwasserperiode nach dem KG-Nutzungsjahr sowie auf die Ertragsleistung der KG-Folgefrüchte Winterweizen, Sommerweizen und Hafer unter Berücksichtigung einer variierten Umbruchart und Flüssigmistgabe geprüft.

Material und Methoden

Der Untersuchung liegen drei Feldversuche zu Grunde, die im Zeitraum 1999–2003 mit dem Fruchtfolgeglied Kleegras/Getreide in dreifacher Wiederholung durchgeführt wurden (Bodenart lS-sL, Bodenpunkte Ø 43, im Mittel von 1980-2002: Ø Jahresniederschlagssumme 785mm, Ø Jahrestemperatur 8,7°C). In Tab. 1 sind die Versuchsfaktoren zur Untersuchung der Kleegras- und Folgefruchtbestände und in Tab. 2 die zur Untersuchung der Nitrat-N-Auswaschung zusammengestellt.

Tab. 1: Versuchsfaktoren zur Untersuchung der Kleegras- und Folgefruchtbestände

	Faktor	Faktorstufe
Kleegras-(KG)-perioden 1999 und 2001	Kleegras-nutzung	3-Schnitte, 2-Schnitte + 1x Mulchen, 3x Mulchen
	Umbruch-art	Pflug („heiler Umbruch"), Fräse + Pflug
Folgefrucht-perioden 2000 und 2002	Folgefrucht-art	Winterweizen (Herbstumbruch), Sommerweizen (Frühjahrsumbr.) Hafer (Frühjahrsumbruch)
	Organische Düngung	0kg N ha^{-1} 75kg N ha^{-1}

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau – Ökologischer Landbau der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel;
Kontakt: www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de; sondrey@email.uni-kiel.de

Tab. 2: Versuchsfaktoren zur Untersuchung der Nitrat-N-Auswaschung

Sickerwasserperiode (SWP)	Faktor	Faktorstufe
1. SWP nach dem KG-Nutzungsjahr (2001/02 und 2002/03)	Kleegras-nutzung	3-Schnitte, 2-Schnitte + 1x Mulchen, 3x Mulchen
	Umbruch-zeitpunkt	Herbst mit Winterweizen, intaktes Kleegras
2. SWP nach dem KG-Nutzungsjahr (2000/01 und 2002/03)	Kleegras-Nutzung	3-Schnitte, / , 3x Mulchen
	Umbruch-zeitpunkt	Herbst mit Winterweizen, intaktes Kleegras
	Zwischen-frucht	ohne Gelbsenf, mit Gelbsenf

Die organische Düngung zum Getreide erfolgte mit Rindergülle (2,5kg N m^{-3}) mittels Schleppschläuchen. In der KG-Periode wurden TM-Ertrag und KG-Ernterückstände und in der Folgefruchtperiode Korn-Ertrag, Korn-Rp-Gehalt und Korn-N-Entzug erfasst. Der Boden-Nmin wurde zum KG-Umbruch, zu Vegetationsende und -beginn sowie nach der Getreideernte ermittelt. Die Messung der NO_3-N-Auswaschung erfolgte mit keramischen Saugkerzen. Die statistische Auswertung wurde mittels F-Test durchgeführt; für Wechselwirkungen wurde die Option „slice“ in SAS verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Das 3-Schnitt genutzte Kleegras erzielte einen TM-Ertrag von 120dt ha^{-1} und die 2-Schnitt/1x Mulch genutzten Bestände 90dt TM ha^{-1} und damit 75% des TM-Ertrages der rein futterbaulichen Nutzung (ohne Abb.). Während der geerntete N-Ertrag beim 3-Schnittsystem 370kg N ha^{-1} und bei der 2-Schnitt/1x Mulch-Nutzung 280kg N ha^{-1} betrug, erzielte der als Gründüngung 3x gemulchte Bestand keinen erntbaren TM- und N-Ertrag. In Tab. 3 wird die N-Menge der zum KG-Umbruch auf der Fläche ermittelten KG-Ernterückstände in Abhängigkeit von der KG-Nutzung dargestellt. KG-Residuen von rein futterbaulich genutzten Beständen setzen sich aus KG-Stoppeln, Wurzeln und dem Restaufwuchs zusammen, während KG-Residuen mulchgenutzter Bestände mit Aufwuchsmaterial angereichert sind. In dem 3x gemulchten KG wurde als Summe der vier Aufwüchse eine potenziell erntbare Spross-N-Menge von 390kg N ha^{-1} festgestellt. Obwohl sich während der Vegetation nutzungsbedingt große N-Mengen-Unterschiede auf der Fläche ergaben, hatte die Variation der KG-Nutzung zum Zeitpunkt des Herbst- bzw. Frühjahrs-Umbruch keinen Einfluss auf die N-Menge der KG-Residuen. Die Ursache ist u.a. im Rezyklieren von N zu finden, da durch das Mulchen schnell umsetzbares KG-Material erzeugt wird, dessen N sich während der Vegetation freisetzt und zum Umbruch nicht mehr nachweisbar ist (vgl. HEUWINKEL et al., 2002). Im folgenden konnte durch die Variation der KG-Nutzung ebenfalls kein Effekt auf den Kornertrag der drei Getreidearten abgesichert werden (Tab. 3).

Im Mittel der KG-Nutzung lag das Ertragsniveau von Winterweizen mit 48,4dt ha^{-1} nur gering über dem von Sommerweizen (46,6dt ha^{-1}). Hafer erzielte die höchste Ertragsleistung sowohl hinsichtlich des Kornertrags als auch hinsichtlich des Korn-N-Entzuges. Für den Parameter Korn-N-Entzug konnte sowohl beim Winterweizen als auch beim Hafer ein höherer N-Entzug nach 3x gemulchtem gegenüber 3-Schnitt genutztem KG abgesichert werden. Im Vergleich zum Winterweizen lag der Korn-N-Entzug von Sommerweizen insgesamt auf einem höheren Niveau, bedingt durch den höheren Rp-Gehalt (vgl. Tab.4). Der Einsatz von Rindergülle hatte einen deutlich positiven Effekt auf den Ertrag von Winterweizen, während das Ertragsniveau von Sommerweizen und Hafer nicht bzw. nur gering durch die organische Düngung erhöht werden konnte (Tab. 4). Winterweizen erzielte durch die Gülleapplikation den

höchsten Mehr-Korn-N-Entzug gegenüber der Kontrolle. Durch die Kleegras-Stoppelbearbeitung zum Umbruch erzielte Sommerweizen einen höheren Korn-Ertrag, der zu einem höheren Korn-N-Entzug führte (Tab. 5).

Tab. 3: Einfluss der Kleegras-Nutzung auf die N-Menge in den Kleegras-(KG)-Ernterückständen sowie auf die Getreide-Ertragsleistung im 2-jährigen Mittel

Kleegras-Nutzung	KG-Ernterückstände (N-Menge) kg N ha^{-1}		Kornertrag dt ha^{-1}			Korn-N-Entzug kg N ha^{-1}		
	Herbst	Frühjahr	WW	SW	H	WW	SW	H
3-Schnitte	148,57	122,36	45,96	46,44	56,07	66,81^{b}	78,43	86,40^{b}
2-S.+ 1x M.	150,48	137,56	48,88	47,00	59,42	71,51^{ab}	78,78	93,82^{ab}
3x Mulchen	140,40	123,11	50,42	46,22	59,94	75,80^{a}	77,92	96,26^{a}
SE	4,49	4,49	2,06	2,06	2,06	3,73	3,73	3,73
Pr / sig.	ns	ns	ns	ns	ns	0,0448	ns	0,0217

2-S.+ 1x M.= 2-Schnitte, 1x Mulchen; SE= Standardfehler, Pr = Probability, ns= nicht signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit Pr > 5% = ns, verschiedene Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede

Tab. 4: Einfluss der organischen Düngung auf den Kornertrag (14% Kornfeuchte), den Rp-Gehalt und den Korn-N-Entzug im 2-jährigen Mittel

Organ. Düngung	Korn-Ertrag dt ha^{-1}			Rp-Gehalt %			Korn-N-Entzug kg N ha^{-1}		
	WW	SW	H	WW	SW	H	WW	SW	H
0kg N ha^{-1}	45,49	45,82	57,52	9,70	11,34	11,27	66,33	76,18	88,52
75kgN ha^{-1}	51,35	47,28	59,44	9,94	11,63	11,74	76,41	80,57	95,79
SE	1,84 /	1,84 /	1,84 /	0,10 /	0,10 /	0,10 /	3,33 /	3,33 /	3,33 /
Pr /sig.	< 0,0001	ns	0,0421	0,0251	0,0067	<0,0001	<0,0001	0,0106	0,0001

SE= Standardfehler, Pr = Probability, ns= nicht signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit Pr > 5% = ns

Tab. 5: Einfluss der Umbruchart auf den Kornertrag (14% Kornfeuchte), den Rp-Gehalt und den Korn-N-Entzug im 2-jährigen Mittel

Umbruch-art	Kornertrag dt ha^{-1}			Rp-Gehalt %			Korn-N-Entzug kg N ha^{-1}		
	WW	SW	H	WW	SW	H	WW	SW	H
Pflug	49,12	44,61	57,96	9,83	11,54	11,53	72,45	75,62	91,54
Fräse + Pfl.	47,72	48,50	59,00	9,81	11,43	11,49	70,29	81,13	92,78
SE	1,86	1,86	1,86	0,10	0,10	0,10	3,38	3,38	3,38
Pr / sig.	ns	0,0024	ns	ns	ns	ns	ns	0,0153	ns

Fräse + Pfl. = Fräse und Pflug; Irrtumswahrscheinlichkeit Pr > 5% = ns

Abb. 1 zeigt Nitrat-N-Frachten im Sickerwasser in der ersten Sickerwasserperiode (SWP) nach dem KG-Nutzungsjahr und Abb. 2 die Nitrat-N-Frachten im Sickerwasser in der zweiten SWP nach dem KG-Nutzungsjahr. In der ersten SWP gingen sowohl von der KG-Nutzung als auch vom Umbruchzeitpunkt starke Effekte auf die NO_3-N-Fracht im Sickerwasser aus. Im Mittel über die KG-Nutzungssysteme wurden nach KG-Herbstumbruch unter Winterweizen 16kg NO_3-N ha^{-1} mehr im Sickerwasser nachgewiesen als unter einem intakten KG-Bestand. Der Einfluss der KG-Nutzung auf die NO_3-N-Fracht im Sickerwasser wird sowohl unter intaktem als auch unter umgebrochenem Kleegras deutlich. Unter intaktem KG wurde nach 3x Mulchen eine um 10kg ha^{-1} signifikant höhere NO_3-N-Fracht im Sickerwasser festgestellt als unter 3-Schnittnutzung. Die NO_3-N-Fracht unter der kombinierten Schnitt/Mulch-Nutzung lag auf mittlerem Niveau. Der KG-Umbruch im Herbst erhöhte die NO_3-N-Auswaschung unter der kombinierten Nutzung auf das Auswaschungs-Niveau der 3x gemulchten Variante. Mit 17kg NO_3-N ha^{-1} lag die N-Auswaschung nach 3-Schnitt um 12kg niedriger als unter mulchgenutzten Beständen. In der zweiten SWP nach

dem KG-Nutzungsjahr kehrte sich die Wirkung des KG-Umbruchzeitpunktes auf die NO_3-N-Fracht um. Im Vergleich zum Herbstumbruch wurde nach Frühjahrsumbruch mehr NO_3-N im Sickerwasser nachgewiesen. In den Varianten ohne Gelbsenf war die NO_3-N-Fracht nach Sommerweizen (= KG-Frühjahrsumbr.) signifikant um 6kg NO_3-N ha^{-1} höher als nach Winterweizen (= KG-Herbstumbr.). Dieser Effekt zeigte sich auch unter Gelbsenf. Im Mittel über den Umbruchzeitpunkt konnte durch den Anbau von Gelbsenf nach der KG-Folgefrucht die NO_3-N-Auswaschung in der darauf folgenden SWP um 15kg NO_3-N ha^{-1} gesenkt werden. **Fazit:** KG-Schnittnutzung in Verbindung mit einem Frühjahrsumbruch kann das N-Verlust-Risiko durch NO_3-N-Auswaschung sehr gering gehalten und durch den Anbau einer Getreidesommerung kann ein hohes Ertragsniveau bei gleichzeitig hohen Qualitäten erreicht werden. Nach der KG-Folgefrucht leisten Zwischenfrüchte einen großen Beitrag zur Vermeidung unnötiger N-Verluste durch Auswaschung.

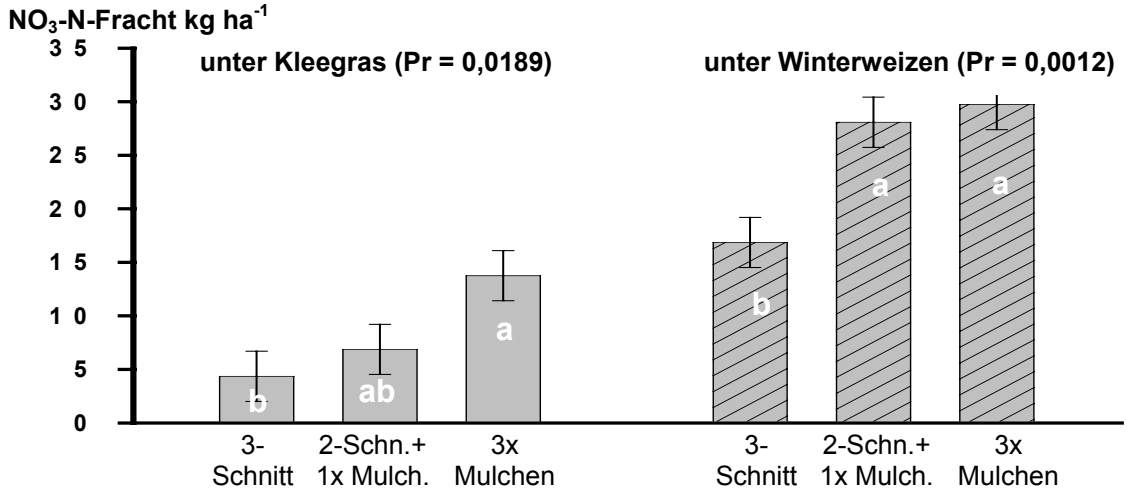


Abb. 1: NO_3-N-Fracht in der 1. SWP nach dem Kleegras-Nutzungsjahr

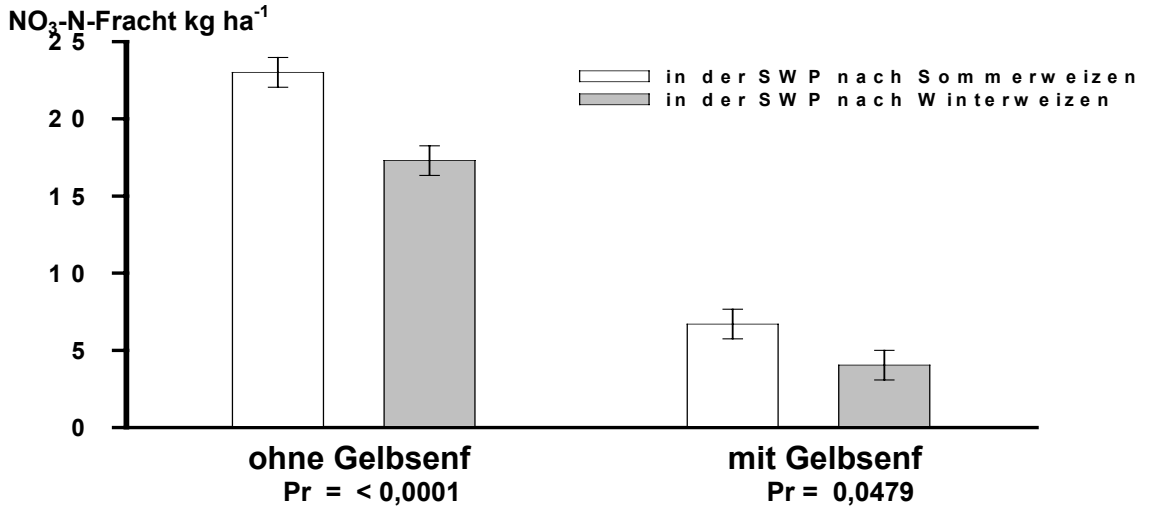


Abb. 2: NO_3-N-Fracht in der 2. SWP nach dem Kleegras-Nutzungsjahr

Literatur

Heuwinkel, H., Kaiser, M., Schmidhalter, U., R. Gutser, 2002: Mulchen von Kleegras vermindert den N-Gewinn: Ausmaß und Ursachen, VDLUFA-Tagung, Leipzig, 24-25

Ruhe, I., Loges, R., F. Taube, 2003: N-Flüsse in verschiedenen Fruchtfolgen des ökologischen Landbaues (Conbale) in: Beitr. zur 7. Wiss. Tagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 97-100

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 87–90 (2003)

Einfluss langjähriger unterschiedlicher Düngung auf bodenphysikalische Eigenschaften im Langzeitzeitversuch ″Ewiger Roggenbau″

S. Ulrich, B. Hofmann und O. Christen*

Einleitung

Dünger beeinflussen über ihren Nährstoffgehalt das Wachstum der Pflanzen. Sie wirken sich auch auf den Humusgehalt und die damit verbundenen Bodeneigenschaften aus. Durch die 125jährige kontinuierliche Düngung haben sich im Versuch ″Ewiger Roggenbau″ deutliche Unterschiede im Humusgehalt eingestellt. Die einzelnen Abteilungen des Versuches unterscheiden sich dadurch in ihren chemischen, biologischen und physikalischen Bodeneigenschaften. Es war Aufgabe der Arbeit, den bereits bekannten Einfluss der organischen Bodensubstanz in diesem Langzeitexperiment auf physikalische Bodeneigenschaften zu prüfen. Dabei standen vor allem Parameter des Luft- und Wasserhaushaltes im Vordergrund.

Material und Methoden

Die Versuchsstation Halle(Saale) liegt im Mitteldeutschen Trockengebiet (494 mm NS, 9,2 °C, 1694 h Sonnenscheindauer, langjährige Mittel). Der Standort befindet sich am Rande des Löß-Schwarzerdegebietes. Er ist durch eine lessivierte Schwarzerde (10 dm Sandlößauflage, Parabraunerde-Tschernosem, Lehmsand, 8 % Ton, 23% Schluff und 69% Sand) geprägt.

Anhand von ungestörten Stechzylinderproben (250 cm³) aus den Varianten Ungedüngt, Stallmist I und NPK der 3 Abteilungen (Winterroggen-Monokultur, Kartoffel-Winterroggen-Fruchtwechsel und Silomais-Monokultur) wurden die Trockenrohdichte (DIN 19683, Teil 12), der Durchdringungswiderstand bei pF 2,5 (nach Hartge und Horn, 1992), die gesättigte Wasserleitfähigkeit (nach Schönberg, DIN 19683,Teil 19), die Luftleitfähigkeit bei pF 1,8 und 2,5 (DIN 19682, Teil 9), die ungesättigte Wasserleitfähigkeit (nach Schindler, 1980) sowie der Wassergehalt bei den pF- Stufen 1,4 , 1,8 , 2,5 , 3,0 und 4,2 (nach Richards, DIN ISO 11274) festgestellt. Ebenso wurde die Festsubstanzdichte (Heliumpyknometer) bestimmt, mit deren Hilfe das Porenvolumen rechnerisch nach Hartge und Horn (1992) ermittelt wurde. Die Probenentnahme erfolgte dabei im Bereich der Ackerkrume (0-6 cm, 12-18 cm und 20-26 cm) und der Krumenbasis (32-38 cm). Die Daten wurden mittels Varianzanalyse und anschließendem Mittelwertvergleich (Tukey-Test) aufbereitet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen bestätigen die engen Beziehungen zwischen dem Gehalt des Bodens an organischer Substanz und relevanten bodenphysikalischen Eigenschaften.

In den 3 Abteilungen nahm die Trockenrohdichte sowohl im A_p-Horizont als auch im krumennahen Unterboden von „Ungedüngt“ über „NPK“ und „Stallmist I“ systematisch ab (Tab.1).Zwischen den Bewirtschaftungsvarianten Winterroggen-Monokultur (1,50 g/cm³) und Kartoffel-Winterroggen-Fruchtwechsel (1,51 g/cm³) bestanden in der Ackerkrume keine wesentlichen Unterschiede. Das trifft prinzipiell auch für die

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str.2, 06108 Halle/Saale

Silomais-Monokultur zu, die bewirtschaftungsbedingt im Untersuchungsjahr ein insgesamt höheres Trockenrohdichteniveau (1,61 g/cm³) aufwies. Die durch die langjährige Düngung hervorgerufenen Differenzen im Humusgehalt (Tab. 2) wirkten sich geringer als erwartet auf den Durchdringungswiderstand nach Entwässerung der Grobporen (pF 2.5) aus. Ebenso konnte nur ein tendenzieller Unterschied in der gesättigten Wasserleitfähigkeit zwischen den verschiedenen Düngungsvarianten gefunden werden. Die Messwerte waren durch eine große Variabilität gekennzeichnet. Hierzu kommt, dass durch den Wassereinfluss während der Messung auf strukturinstabilen Böden bereits Gefügeveränderungen wirksam werden können.

Tab. 1: Bodenphysikalische Kennwerte bei Winterroggen-Monokultur

Variante	Bodentiefe	TRD	DW	pL bei pF 2,5	kf	FK	LK	nFK
		g/cm³	N/mm²	cm/s	cm/d	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%
Stallmist I	0-6 cm	1,43	0,7	2,1	31	32,8	12,0	25,7
	12-18 cm	1,56	1,0	1,8	66	33,2	6,7	25,3
	20-26 cm	1,51	0,9	1,5	75	36,4	5,5	28,9
	32-38 cm	1,54	0,8	0,5	42	32,7	8,3	25,7
NPK	0-6 cm	1,45	0,8	2,0	21	32,5	11,9	25,5
	12-18 cm	1,63	1,3	3,3	36	29,5	8,2	21,4
	20-26 cm	1,58	0,8	0,6	30	32,7	6,7	24,8
	32-38 cm	1,63	1,0	1,0	29	31,8	6,1	24,1
Ungedüngt	0-6 cm	1,58	0,9	1,3	75	29,8	9,5	22,5
	12-18 cm	1,68	1,3	0,3	18	28,1	7,6	20,4
	20-26 cm	1,72	1,2	0,4	28	26,7	7,3	18,8
	32-38 cm	1,72	1,1	0,3	30	28,8	5,6	21,2

Im Gegensatz dazu waren bei der pneumatischen Leitfähigkeit ähnliche düngungsspezifische Relationen wie bei der Trockenrohdichte zu beobachten. Die in den Varianten Stallmist I bei den verschiedenen Bewirtschaftungen gefundene höheren Luftleitfähigkeiten deuten auf eine ausgeprägte vertikale Porenkontinuität hin. Durch die Stallmistdüngung kann in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Hurtmanns (1984) auf einen verbesserten Gasaustausch geschlossen werden. Die mit der langjährigen Stallmistdüngung verbundene Vergrößerung des Porenvolumens bewirkt vor allem einen Anstieg der nutzbaren Feldkapazität. Das pflanzenverfügbare Wasser nahm auf der Stallmistvariante gegenüber „NPK“ und „Ungedüngt“ mit einer C_t-Differenz von 0,3 bzw. 0,5 M.-% um 2,7 bzw. 6,0 Vol.-% zu. Die Steigerung des C_t-Gehaltes um 0,1 M.-% führte auf diesem Standort im A_p-Horizont zur Anhebung der nutzbaren Feldkapazität um ca. 0,7 M.-%. Die Luftkapazität (Poren > 50 µm) wird dabei durch die Düngung nicht wesentlich verändert (Abb. 1). Anders verhält sich dagegen das Gesamtgrobporenvolumen, das zusätzlich noch das langsam bewegliche und pflanzenverfügbare Sickerwasser enthält.

Tab. 2: Kohlenstoffgehalt [M.-%] des Bodens (0-20 cm) nach Garz et al. (1999)

Abteilung	Düngungsvariante		
	ST I	U	NPK
Silomais-Monokultur	1.63	1.11	1.24
Winterroggen-Kartoffel-Fruchtwechsel	1.53	1.07	1.17
Winterroggen-Monokultur	1.63	1.13	1.33

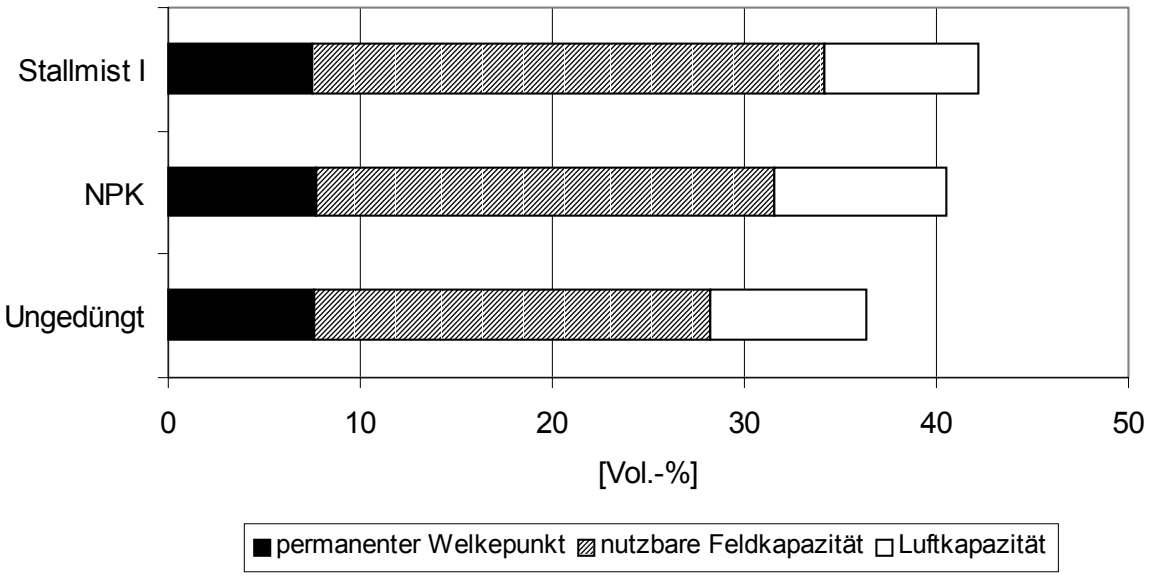


Abb. 1: Mittelwerte des Porenvolumens in der Ackerkrume bei Winterroggen-Monokultur

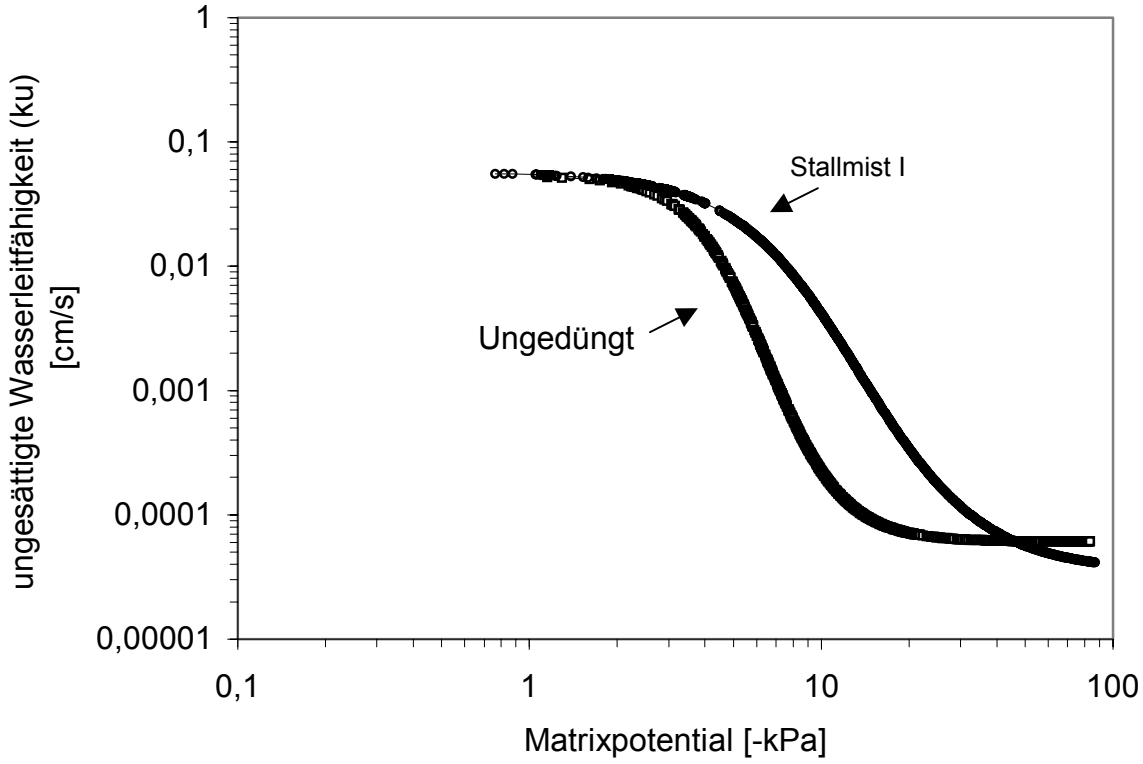


Abb. 2: Ungesättigte Wasserleitfähigkeit der Varianten Stallmist I und Ungedüngt in 12-18 cm Bodentiefe

Im Bereich hohen Matrixpotentials (niedrige pF-Werte) wird die hydraulische Leitfähigkeit $k(\Psi_m)$ vor allem durch die Bodenstruktur determiniert. Es lag daher nahe, den Einfluss der langjährigen Düngungsmaßnahmen auf die ungesättigte Wasserleitfähigkeitsfunktion zu untersuchen. Verwendet wurden hierzu Bodenproben aus den oberen Bereichen der Ackerkrume, die etwa vergleichbare Trockenrohdichten (1.48-1.58 g/cm^3) aufwiesen. So war es möglich, den Einfluss der organischen Düngung bzw. des Humusgehaltes auf die ungesättigte Wasserleitfähigkeit zu bestimmen.

Dabei stiegen im niedrigen Saugspannungsbereich mit Zunahme des Humusgehaltes die ku-Werte an. Zunehmende pF-Werte (Messbereich bis pF 2,8) führten zur systematischen Verringerung der Humuswirkung und so zum Angleichen der ungesättigten Wasserleitfähigkeit zwischen der ungedüngten und der Stallmistvariante (Abb. 2). Die alleinige Mineraldüngung (nicht dargestellt) nimmt hierbei eine Mittelstellung ein.

Fazit

Die durch langjährige unterschiedliche Düngung verursachte Differenzierung des Humusgehaltes in Ackerkrume und Krumenbasis spiegelt sich deutlich in den physikalischen Bodeneigenschaften wider. Die organische Düngung begünstigt gegenüber den ungedüngten Flächen stärker als die alleinige NPK-Düngung die Trockenrohdichte und wesentliche Kenngrößen des Wasser- und Lufthaushaltes im Boden. Sie wirkte sich über den Anstieg des Humusgehaltes auch auf den krumennahen Unterboden strukturell günstig aus.

Literatur

Hartge, K. H. und R. Horn, 1992. Die physikalische Untersuchung von Böden. 3.Auflage. Stuttgart: Ferdinand Enke.

Hurtmanns, E., 1984. Der Einfluss langjähriger Düngungsmaßnahmen auf die Dynamik der Bodenstruktur. Diss. Bonn.

Schindler, F. , 1980. Ein Schnellverfahren zur Messung der Wasserleitfähigkeit im teilgesättigten Boden an Stechzylinderproben. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde 24, S. 1-7.

Garz, J., Merbach, W., Schmidt, L., Stumpe, H., Beschow, H. und W. Büscher, 1999: Die Dauerdüngungsversuche in Halle (Saale). In: Beiträge aus der Hallenser Pflanzenernährungsforschung. B.G.Teubner Stuttgart, Leipzig, S. 35.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 91–94 (2003)

Nachhaltige Humuswirkung unter den feuchten Bedingungen Westdeutschlands ? – Bodenkennwerte und Zuckererträge aus dem Dikopshofer Dauerdüngungsversuch

Henrik Schumann*

Einleitung

Unter den Bedingungen steigenden Zwanges zur Kostenreduzierung in der praktischen Landwirtschaft muss diskutiert werden, wie die Ertragsfähigkeit und Fruchtbarkeit von Ackerböden langfristig also nachhaltig gesichert werden kann. Untersucht werden soll die Wirkung der Humusversorgung des Bodens, der von jeher große Bedeutung beigemessen wird, die aber nur in langfristig angelegten Dauerversuchen gemessen werden kann, auch für den feuchteren westlichen Teil Deutschlands.

Material und Methoden

Der im Jahre 1904 angelegte Dauerdüngungsversuch Dikopshof (DDV) liegt auf dem Versuchsgut Dikopshof der Universität Bonn, im Süden der Kölner Bucht (Höhe 62 m über NN) auf einer Parabraunerde aus umgelagertem Löß (lehmiger Schluff) mit einer Mächtigkeit von bis zu 1,2 m über Kies ohne Grundwasseranschluss. Die Bodenwertzahlen des Versuchsstandortes Dikopshof liegen zwischen 83 und 94 (humoser feinsandiger Lehm). Das Klima ist maritim geprägt mit teilweise kontinentalem Einfluss. Die langjährige Jahresmitteltemperatur beträgt 9,7 °C, die langjährige mittlere Niederschlagssumme 630 mm. Zur Fruchtfolge mit den fünf Früchten (Tab.1) werden dreimal verrotteter Rindermist zugeführt (Tab.1 Stallmist). Dabei wird angesetzt, dass die in Tab.2 (NPKMist) aufgeführten Nährstoffe (in kg N, K_2O, P_2O_5) im Mist enthalten sind. Die letzte Zeile der Tab.1 verdeutlicht die Versorgungssituation der Zuckerrüben bei der Stellung und den Stallmistgaben in der Fruchtfolge.

Tab. 1: Fruchtfolge

Fruchtfolge	Stallmist	NPKMist
Zuckerrüben	200 dt/ha	40/50/100
Winterweizen		
Winterroggen	200 dt/ha	40/50/100
Perserklee		
Kartoffeln	200 dt/ha	40/50/100
Zuckerrüben	200 dt/ha	40/50/100

Ausgestaltet als klassischer Nährstoffmangelversuch (Abfuhr aller Erntenebenprodukte bis auf Kartoffeln) umfasst der DDV eine mit und eine ohne Stallmist gedüngte Hälfte (O+/O-). Von den mineralischen Düngevarianten (N, P, K, Ca) werden hier nur die mit allen mineralischen Nährstoffen (M+) und die ohne alle mineralischen Nährstoffe (M-) betrachtet. Zu Zuckerrüben und zur gesamten Fruchtfolge werden die in Tab.2 aufgeführten Nährstoffe verabreicht (N-Mengen zu Winterweizen und –roggen in den letzten Jahren um 30 bzw. 40 kg/ha erhöht). In einer Variante mit Ausgleich (A+) werden den Zuckerrüben, dem Winterroggen und den Kartoffeln zusätzlich die im Mist veranschlagten Nährstoffmengen verabreicht, um eventuelle Sonderwirkungen des Mistes aufspüren zu können, in der Variante ohne Ausgleich (A-) geschieht dies nicht. Es ergeben sich die in Tab.2 aufgeführten Düngevarianten, die sich hinsichtlich der Stallmistgabe und der Menge der mit mineralischen und mit Stallmist verabreichten Nährstoffe unterscheiden. Direkte Vergleiche zur Humuswirkung zwischen „mit/ohne Stallmist“ werden bei gleichem Nährstoffniveau (C/D + E/F) möglich.

* Institut für Pflanzenbau Katzenburgweg 5 53115 Bonn ipf@uni-bonn.de

Tab. 2: Düngevarianten (Angaben in kg/ha)

		Zuckerrüben			Fruchtfolge		
Variante		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Mist-Min-MinMist-	A O-M-A-	0	0	0	0	0	0
Mist-Min+MinMist-	B O-M+A-	80	70	140	230	350	700
Mist+Min-MinMist-	C O+M-A-	40M	50M	100M	120M	150M	300M
Mist-Min-MinMist+	D O-M-A+	40	50	100	120	150	300
Mist+Min+MinMist-	E O+M+A-	120M	120M	240M	350M	500M	1000M
Mist-Min+MinMist+	F O-M+A+	120	120	240	350	500	1000
Mist+Min+MinMist+	G O+M+A+	160M	170M	340M	470M	650M	1300M

Dargestellt werden die Gehalte an organischer Substanz des Bodens in % (frühere Werte von 1949 aus Dhein und Mertens (1956) n. Methode Lichterfelde, von 1981 aus Hurtmanns (1984) n. Methode n. Rauterberg und Kremkus 1951 und von 1997 n. Methode C/N-Elementaranalysator Carlo-Erba) (Umrechnung C-Gehalt / org. Substanz mit Faktor 1,724), Ergebnisse zur Bodenstruktur aus Hurtmanns (1984) sowie die Zuckererträge (Rübenertrag reine Rüben in dt/ha x Zuckergehalt Pol.) von 1959 bis 2002 mit Ausnahme der Jahre 1962, 1974, 1981 und 1998, in denen nicht alle Werte vorlagen.

Ergebnisse und Diskussion

Die langjährige unterschiedliche organische und mineralische Düngung führt zu Unterschieden in Niveau und Entwicklung der organischen Substanz des Bodens (Abb.1). Je mehr Nährstoffe verabreicht wurden, umso höher die Gehalte an organischer Substanz. Dabei weisen die mit Stallmist versorgten Varianten (G O+M+A+ fast gleich mit E O+M+A- und C O+M-A-) deutlich höhere Werte auf als die nur mineralisch versorgten Varianten (F O-M+A+, B O-M+A-, D O-M-A+) bzw. als die Nullvariante (A O-M-A-) und das insbesondere nach 1981 zu beobachtende Absinken der Gehalte verläuft bei ihnen weniger dramatisch. Bei Verabreichung gleicher Nährstoffmengen (C O+M-A-/D O-M-A+ bzw. E O+M+A-/ F O-M+A+) belegen die deutlich höheren Gehalte der Stallmistvarianten die Humuswirkung des Stallmistes.

Hurtmanns (1984) findet gegenüber den nur mineralisch gedüngten Varianten in den mit Stallmist versorgten Zuckerrübenvarianten erhöhte Werte beim Gesamtporenvolumen, dem Volumen der Poren > 50 µm und < 10 µm, der Luft- und Wasserdurchlässigkeit sowie der Dehydrogenaseaktivität und der Aggregatstabilität im Frühjahr und Herbst. Bei Verabreichung gleicher Nährstoffmengen (C O+M-A-/D O-M-A+ bzw. E O+M+A-/ F O-M+A+) wurden bei ausschließlich mineralischer Düngung nur kurzzeitige positive Effekte, nicht aber längerfristige Wirkungen auf die Bodenstruktur beobachtet.

Bei Betrachtung der Zuckererträge (Tab.3) zeigen die Varianten bei Mittelung über 40 Jahre vergleichbare Zuckererträge von um die 100 dt/ha Zucker. Nur die Varianten mit der geringsten mineralischen Düngung (D O-M-A+) und ohne jegliche Düngung (A O-M-A-) erbringen mit 82,9 dt/ha bzw. 52,5 dt/ha signifikant geringere Zukkererträge. Bei Verabreichung gleicher Nährstoffmengen erkennen wir auf niedrigem Nährstoffniveau (C O+M-A-/D O-M-A+) signifikant und bei höherem Nährstoffniveau (E O+M+A-/F O-M+A+) tendenziell höhere Durchschnittserträge bei Stallmistanwendung.

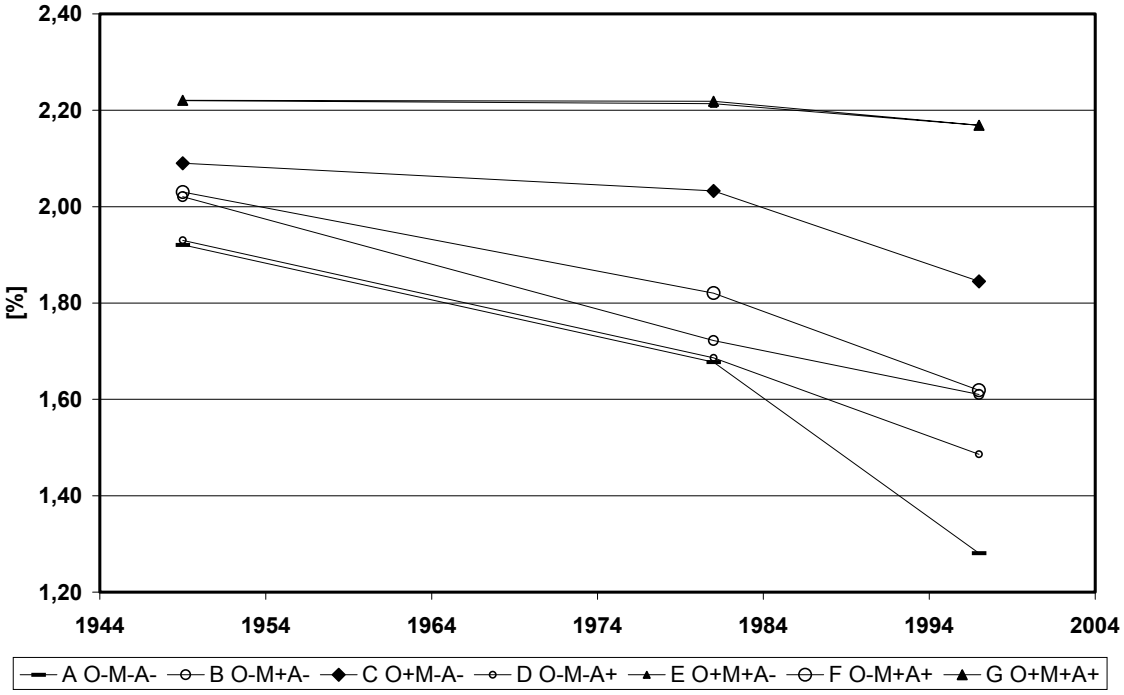


Abb. 1: Gehalte organischer Substanz des Bodens (Ackerkrume)

Tab. 3: Zuckererträge (n = 40 Jahre, $GD_{5\%}$ = 15,56 dt/ha)

Variante	A **O-M-A-**	B **O-M+A-**	C **O+M-A-**	D **O-M-A+**	E **O+M+A-**	F **O-M+A+**	G **O+M+A+**
Mittel [dt/ha]	52,5	93,6	101,4	82,9	108,3	101,4	107,7
Std.abw.	18,7	26,0	25,2	20,7	25,2	23,4	23,7
Var.koeff. [%]	35,7	27,8	24,9	24,9	23,1	23,1	22,0

Die Variation der Zuckererträge innerhalb der betrachteten 40 Jahre ist recht groß. Die Variationskoeffizienten liegen zwischen 22,0 und 35,7 % (Tab.3). Sie stufen sich entsprechend den Mittelwerten ab. Von der Gruppe mit Koeffizienten zwischen 22,0 und 24,9 % fallen die Varianten mit der geringsten mineralischen Düngung (D O-M-A+) und ohne jegliche Düngung (A O-M-A-) mit 27,8 bzw. 35,7 % mit höherer Variation ab. Bei Verabreichung gleicher Nährstoffmengen (C/D bzw. E/F) ergibt der Vergleich „mit/ohne Stallmist“ keine Unterschiede in den Variationskoeffizienten.

Die Entwicklung der Zuckererträge von 1959 bis 2002 wird mit Hilfe gleitender 4-jähriger Mittelwerte dargestellt (Abb. 2), um die recht großen Schwankungen von Jahr zu Jahr zu dämpfen und die langjährigen Wirkungen der unterschiedlichen organischen und mineralischen Düngung besser sichtbar zu machen. Charakteristisch für die Zuckererträge ist eine Wellenbewegung mit 110dt/ha bereits zu Anfang der 70er Jahre, 80 dt/ha zu Anfang der 80er und 120 dt/ha seit Anfang der 90er Jahre, davon abgesetzt nur die Nullvariante auf deutlich niedrigerem Niveau. Der Vergleich der Entwicklung der Zuckererträge der letzten 40 Jahre zwischen den Varianten zeigt zum einen die sich immer deutlicher ausdifferenzierende Überlegenheit der „Stallmistvarianten“ gegenüber den „Mineraldüngervarianten“. Zum anderen differenzieren sich die Zuckererträge innerhalb der „Mineraldüngervarianten“ deutlich nach der Menge der zugeführten Nährstoffe (A<D<B<F). Bei Verabreichung gleicher Nährstoffmengen (C/D bzw. E/F) zeigt sich die Ertragswirkung des Stallmistes besonders

deutlich. Während mit Stallmist seit Beginn der 90er Jahre Höchsterträge erzielt werden (auch ganz ohne Mineraldüngung O+M-A-), werden mit der gleichen Menge an Nährstoffen ohne Stallmist nur deutlich geringere Erträge erwirtschaftet.

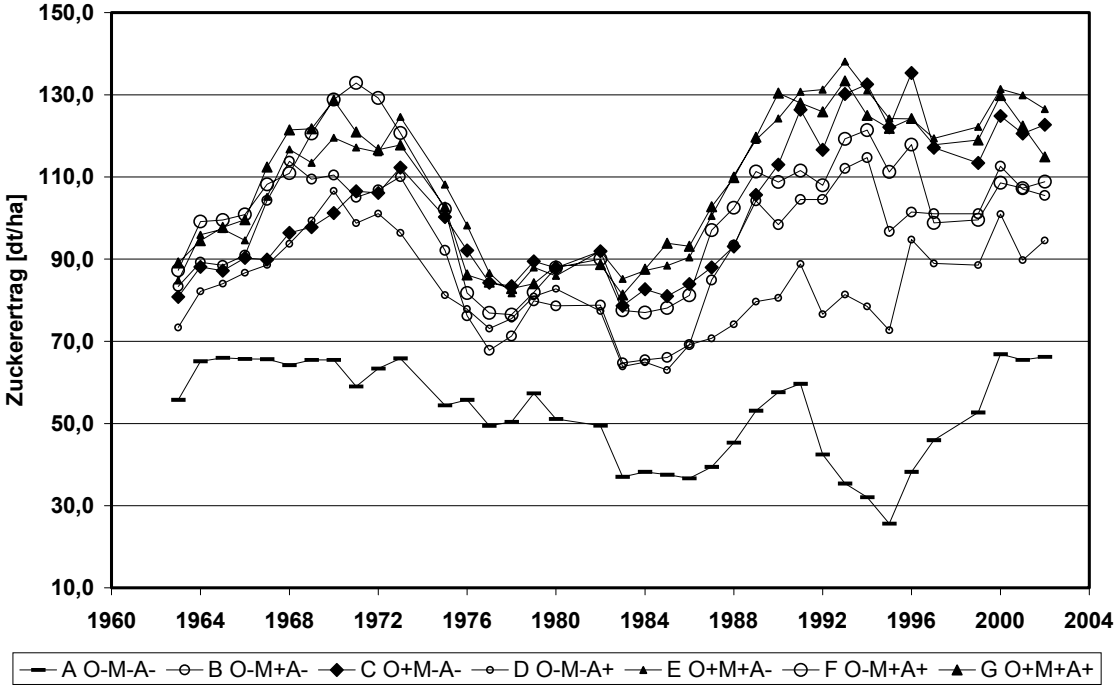


Abb. 2: Entwicklung der Zuckererträge (jeweils gleitender Mittelwert der vorangegangenen 4 Jahre, Jahre 1962, 1974, 1981 und 1998 nicht berücksichtigt)

Die Ergebnisse zeigen wie für den östlichen Teil Deutschlands mit durchschnittlichen Jahresniederschlagssummen von unter 500 mm (Körschens et al. 1994) auch für den feuchteren westlichen Teil Humuswirkungen einer Stallmistdüngung. Die Gehalte organischer Substanz können langfristig auf hohem Niveau gehalten werden, was zu einer im Vergleich zu ausschließlicher Mineraldüngung günstigeren Bodenstruktur führt (Hurtmanns 1984). Dies spiegelt sich bei Zuckerrüben – allerdings erst langfristig nach 30 – 40 Jahren – in höheren Zuckererträgen wider. Gleiches muss für die anderen Früchte der Fruchtfolge geprüft werden, da dort die Humuswirkung auch negativ sein kann (Qualitätsaspekte, Holz 1983).

Literatur

Holz, J. 1983: Zur Ertragsleistung, Ertragsentwicklung und Ertragssicherheit auf dem Dauerdüngungsversuch Dikopshof. Diss. Bonn 1983.

Hurtmanns, E. 1984: Der Einfluss langjähriger Düngungsmaßnahmen auf die Dynamik der Bodenstruktur. Diss. Bonn 1984.

Körschens, M. et al. 1994: Der statische Düngungsversuch Bad Lauchstädt nach 90 Jahren – Einfluss der Düngung auf Boden, Pflanze und Umwelt. Teubner-Verlag. Stuttgart – Leipzig 1994.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 95–98 (2003)

Wirkung differenzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag, Qualität, N-Aufnahme und N-Bilanz einer Zuckerrüben-Fruchtfolge an einem Lössstandort in Südniedersachsen

H.-P. König und H.-J. Koch *

Einleitung

Durch Umstellung auf Systeme reduzierter Bodenbearbeitung kommt es zu Veränderungen im Boden (Struktur, Wasser-, Wärmehaushalt usw.), die sich auf dessen Stickstoffhaushalt und auch auf Ertrag und Qualität der landwirtschaftlichen Kulturen auswirken können. Die Düngeverordnung (vom 26. Januar 1996, zuletzt geändert am 14. Februar 2003) schreibt für Stickstoff jährliche Nährstoffvergleiche vor, so dass Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf die Ertragswirksamkeit bei diesem Nährstoff von besonderem Interesse sind. Wenngleich eine fruchtart- bzw. schlagspezifische Bilanzierung derzeit nicht gefordert wird, ist sie jedoch von Bedeutung, um mögliche Ursachen von Bilanzüberschüssen in der gesamten Fruchtfolge aufzudecken. Hier sind insbesondere Kulturen mit einer hohen Gesamt-N-Aufnahme bei vergleichsweise geringer Abfuhr mit dem Erntegut von Interesse. 1992/1993 wurde der Systemversuch Bodenbearbeitung in Harste angelegt, um die Auswirkungen von reduzierter Bodenbearbeitung in einer Zuckerrübenfruchtfolge zu prüfen. Nach Abschluss der dritten Rotation der dreifeldrigen Fruchtfolge liegen nun umfassende Ergebnisse vor, die eine Bilanzierung des Stickstoffhaushalts bei Lockerbodenwirtschaft und Festboden-Mulchwirtschaft zulassen und die Entwicklung angepasster Düngungsregime ermöglichen.

Material und Methoden

Am Standort Harste (ca. 8 km nordwestlich von Göttingen) wird seit 1992/1993 der Systemversuch Bodenbearbeitung durchgeführt. Der Standort befindet sich in einer Höhe von ca. 150 m ü.N.N.. Die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur beträgt 8,8 °C und der mittlere Jahresniederschlag 602 mm. Bei dem Bodentyp handelt es sich um eine pseudovergleyte Parabraunerde aus Löss und bei der Bodenart um einen mittel tonigen Schluff (Ut3) mit der Bodenzahl 78. Bis zur Versuchsanlage wurde die Versuchsfläche einheitlich mit dem Pflug bewirtschaftet. Das Versuchsfeld wurde in drei Teilstücke unterteilt, um alle drei Fruchtarten der Fruchtfolge (Zuckerrüben, Winterweizen, Wintergerste, Zwischenfrucht Senf) jährlich nebeneinander anbauen zu können. Auf allen drei Teilstücken sind die beiden Bodenbearbeitungsverfahren Lockerbodenwirtschaft (LBW, wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug bis 30 cm Tiefe zu jeder Hauptfrucht) und Festboden-Mulchwirtschaft (FBMW, flache nicht wendende Bodenbearbeitung bis max. 10 cm Tiefe mit dem Grubber) sowie die Stickstoffdüngung in vier fruchtartspezifischen Düngungsstufen (Tab. 1) als Spaltanlage in vierfacher Wiederholung angelegt. Groß- und Kleinteilstücke sind über die Versuchsjahre hinweg ortsfest. Die Grunddüngung erfolgt einmalig in der Fruchtfolge zu Zuckerrüben etwa in Höhe der Abfuhr mit dem Erntegut. Stroh, Rübenblatt und der abgehäckselte Senf verbleiben im Feld. Bei der Ernte werden Rüben-, Blatt-, Korn- und Stroherträge erfasst und die Gesamtstickstoffgehalte in Erntegut und Koppelprodukten bestimmt. Durch Differenzbildung aus applizierter N-Düngermenge und N-Entzug mit dem Erntegut wurde eine einfache Stickstoffbilanz für die Einzelfrüchte

* Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen

und die gesamte Fruchtfolge (Rotation) erstellt. In die Bilanzierung der Rotationen wurde die Düngung zur Zwischenfrucht mit einbezogen, die in der Bilanzierung der Einzelfrüchte unberücksichtigt blieb.

Tab. 1: Fruchtartspezifische Düngungsstufen der Fruchtfolge Zuckerrüben, Winterweizen, Wintergerste, Zwischenfrucht (Senf)

Düngungs-stufen	Zuckerrüben kg N ha^{-1}	Winterweizen kg N ha^{-1}	Wintergerste kg N ha^{-1}	Senf kg N ha^{-1}	Σ Fruchtfolge kg N ha^{-1}
N0	0	0	0	50	50
N1	50	110	80	50	290
N2	110	160	130	50	450
N3	170	210	180	50	610

Ergebnisse und Diskussion

Winterweizen und Wintergerste zeigten im langjährigen Mittel keine durch die Bodenbearbeitung bedingten Unterschiede im Kornertrag. Dies deckt sich mit Ergebnissen von BAEUMER und KÖPKE (1989) bei Winterweizen. Der N-Gehalt im Korn blieb ebenfalls von der Bodenbearbeitung unbeeinflusst. Mit zunehmender N-Düngung stiegen Kornertrag (Tab. 2) und N-Gehalt im Korn des Wintergetreides (nicht dargestellt) an. In der Düngungsstufe N3 erreichte der N-Gehalt im Korn von Winterweizen im langjährigen Mittel 2,32% und im Korn von Wintergerste 2,00%. Da Ertrag und N-Gehalt von Wintergetreide im langjährigen Mittel keine Unterschiede aufwiesen, liegt kein Hinweis auf eine eingeschränkte N-Verfügbarkeit in Abhängigkeit des Bodenbearbeitungssystems vor.

Anders als beim Getreide waren die Trockenmassenerträge des Rübenkörpers von Zuckerrüben bei FBMW geringer als bei LBW (Tab. 2). Mit steigender N-Düngung stiegen die Rübenerträge beider Bodenbearbeitungssysteme zunächst an, jedoch blieb bei LBW ein weiterer Ertragsanstieg von Düngungsstufe N2 zu Stufe N3 aus. Die N-Gehalte der Rübenkörper waren in FBMW nur geringfügig niedriger (im Mittel über N-Stufen 0,02%) als in LBW. Auch im Rübenblatt blieben die N-Gehalte von der Bodenbearbeitung unbeeinflusst. Dagegen nahmen die N-Gehalte in Rübe und Blatt mit steigender N-Düngung zu (von ca. 0,47% auf ca. 0,63% N in Rüben und von ca. 1,53% auf ca. 1,92% im Rübenblatt).

Tab. 2: Trockenmassenerträge (Erntegut) von Zuckerrüben, Winterweizen und Wintergerste; Mittelwerte 1993-2001; *** Wirkung der Bodenbearbeitung im Mittel über die N-Stufen signifikant ($p < 0,001$); n.s. = nicht signifikant

Düngungs-stufen	Zuckerrüben ***		Winterweizen n.s.		Wintergerste n.s.	
	LBW [t TM ha^{-1}]	FBMW [t TM ha^{-1}]	LBW [t TM ha^{-1}]	FBMW [t TM ha^{-1}]	LBW [t TM ha^{-1}]	FBMW [t TM ha^{-1}]
N0	12,3	9,7	4,9	4,5	3,6	3,7
N1	13,5	11,3	8,2	8,1	6,8	6,5
N2	14,1	12,7	8,8	8,9	7,5	7,3
N3	14,0	13,2	8,9	9,0	8,0	7,8

Da die N-Gehalte bei FBMW im Vergleich zu LBW in Rübe und Blatt nicht vermindert waren ist davon auszugehen, dass die bei FBMW verminderten Rübenerträge nicht auf eine mangelnde Stickstoffversorgung zurückzuführen sind. Andererseits waren die N-Gehalte in Rübe und Blatt bei FBMW gegenüber LBW auch nicht erhöht, was bei gleicher Düngung und niedrigeren Erträgen denkbar gewesen wäre. Im Vergleich zu Wintergetreide ist demnach die Zuckerrübe durch die Veränderungen in der Bo-

denstruktur insgesamt im Wachstum eingeschränkt. Dies deckt sich mit Beobachtungen und Schlussfolgerungen von LIEBHARD (1997). Bei den Rübenerträgen kam es zu einer signifikanten Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung und N-Düngung, die mit steigender N-Düngung durch eine partielle Kompensation der Mindererträge gekennzeichnet war. Analog zum Rübenertrag wirkten sich Bodenbearbeitung und N-Düngung auch auf den Bereinigten Zuckerertrag aus (nicht dargestellt).

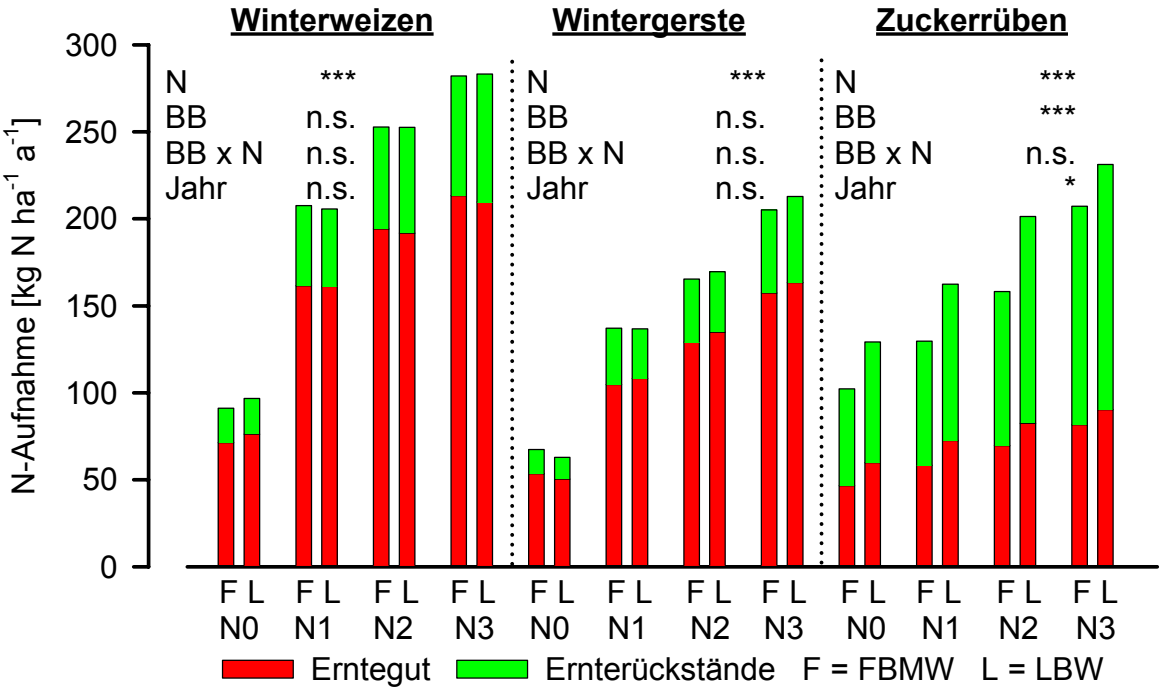


Abb. 1: N-Aufnahme von Winterweizen (1995-2001), Wintergerste (1995-2001) und Zuckerrüben (1993-2001) in Erntegut (Korn, Rübe) und Ernterückstände (Stroh, Blatt) in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung (BB) und N-Düngung (N)

Die N-Aufnahme (absolute N-Menge) der Kulturen (Abb. 1) zeigt, dass bei Getreide keinerlei bodenbearbeitungsbedingte Effekte festzustellen sind. Zuckerrüben weisen hingegen verminderte N-Aufnahmen bei FBMW auf, die ausschließlich auf die verminderten Erträge zurückzuführen sind. In den Düngungsstufen N0 und N1 wurden von Zuckerrüben erhebliche N-Mengen aufgenommen, die dem Bodenvorrat entstammten oder aus der Zwischenfrucht durch Mineralisation frei gesetzt wurden. Dabei wurde mehr N entzogen als zu Zuckerrüben gedüngt wurde.

Zu deutlichen Bilanzüberschüssen kam es in den Düngungsstufen N2 und N3, in denen die gedüngte N-Menge (ohne Berücksichtigung der Zwischenfrucht) die N-Aufnahme in das Erntegut überstieg (ohne Abb.). Auch die N-Aufnahme des Winterweizens scheint von dem im Feld verbliebenen Rübenblatt profitiert zu haben. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit, die Vorfrucht und deren Düngung in die Bilanzierung mit einzubeziehen.

Abbildung 2 zeigt die N-Salden der drei abgeschlossenen Rotationen, in die auch die Düngung zur Zwischenfrucht einging. Der leichte Rückgang der Bilanzüberschüsse in Stufe N3 von der ersten zur dritten Rotation ist auf ein gestiegenes Ertragsniveau zurückzuführen, wie es bereits von STOCKFISCH et al. (1999) diskutiert wurde. In den Düngungsstufen N2 und vor allem N3 traten in allen drei Rotationen Bilanzüberschüsse auf, die in Stufe N3 der dritten Rotation das Saldo von Zuckerrüben noch immer um ca. 40 kg N ha^{-1} überstieg. Das im Vergleich zu Zuckerrüben höhere Bilanzsaldo der Rotation ist in erster Linie durch die Düngung zur Zwischen-

frucht und deren Verbleib im Feld verursacht worden. Der Bodenbearbeitungseffekt auf die N-Bilanzen ist ausschließlich auf die Zuckerrübe zurückzuführen.

Eine ausgeglichene N-Bilanz wäre mit einer Düngung im Bereich zwischen den Stufen N1 und N2 mit etwa 350 bis 400 kg N ha^{-1} $3a^{-1}$ zu erreichen. Bei Getreide waren N-Aufnahme ins Erntegut in Düngungsstufe N3 und die N-Düngung nahezu ausgeglichen, so dass kaum Einsparpotential ohne entsprechende Ertrags- oder Qualitätsverluste vorhanden ist. Einsparpotential bieten lediglich die Zwischenfrucht und die Zuckerrübe, zumal bei LBW in Düngungstufe N1 fast die höchsten Trockenmassenerträge erreicht wurden. Unter Praxisbedingungen könnte an diesem Standort Winterweizen mit 210 kg N ha^{-1}, Gerste mit 180 kg N ha^{-1}, die Zwischenfrucht mit 50 kg N ha^{-1} und Zuckerrüben mit 50 kg N ha^{-1} gedüngt werden. Hieraus ergäbe sich für die Fruchtfolge eine Gesamtdüngermenge von 490 kg N ha^{-1} $3a^{-1}$. In der Fruchtfolge können damit Bilanzüberschüsse von ca. 50 bis 70 kg N ha^{-1} $3a^{-1}$ erwartet werden, d.h. ca. 20 kg N ha^{-1} a^{-1}. Eine weitergehende Reduktion der Düngermenge, insbesondere bei Getreide, würde Ertrags- und Qualitätsverluste nach sich ziehen.

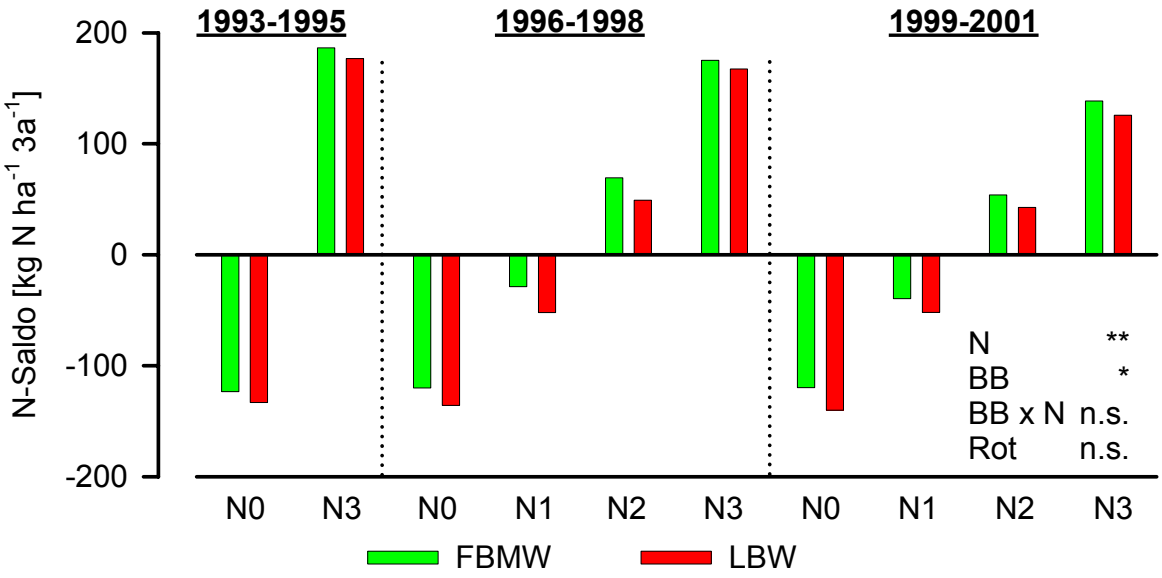


Abb. 2: N-Salden von drei aufeinanderfolgenden Rotationen (inklusive Zwischenfrucht) für LBW und FBMW in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung (BB) und N-Düngung (N), Rot = Rotation

Literatur

Baeumer, K. und Köpke, U., 1989: Effects of nitrogen fertilization. In: Baeumer, K. und Ehlers, W. (Hrsg.) Energy saving by reduced tillage. Brüssel und Luxemburg

Liebhard, P., 1997: Einfluss der Primärbodenbearbeitung auf Ertrag, Ertragsverhalten, und ausgewählte Qualitätskriterien von Zuckerrübe (Beta vulgaris L. ssp. vulgaris var. altissima Doell) im oberösterreichischen Zentralraum (Teil 8). Die Bodenkultur 48 (1) S. 3-14

Stockfisch, N., Hoffmann, C. und Koch, H.-J., 2001: N-Bilanz einer Zuckerrüben-Weizen-Gerste-Fruchtfolge bei langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung. In: UFZ-Bericht 24/1999, Internationales Symposium „Dauerdüngungsversuche als Grundlage für nachhaltige Landnutzung und Quantifizierung von Stoffkreisläufen“, Halle, S. 247-250

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 99–101 (2003)

Ertragsbildung und symbiotische Stickstoff-Fixierung der Linse (*Lens culinaris* Medik.) in Reinsaat und Gemenge mit Nacktgerste (*Hordeum vulgare* ssp. nudum L.)

Angelika Neumann, Claudia Hof, K. Schmidtke, R. Rauber*

Einleitung

Die Linse ist eine sehr alte Kulturpflanzenart. Sie wird heutzutage hauptsächlich im Mittleren Osten, Nordafrika, Indien, Kanada und USA angebaut. In Deutschland spielte der Linsenanbau in den letzten 30 Jahren keine Rolle mehr, obwohl hier noch im Jahr 1927 mehr als 7000 ha Linsen angebaut wurden. Dabei waren magere, kalkhaltige und flachgründige Böden traditionelle Linsenstandorte, da die Linse keine hohen Standortansprüche hat. Im ökologischen Landbau könnte die Linse durch ihre geringen Ansprüche und die Fähigkeit zur N_2-Fixierung eine lohnende Frucht darstellen. Die unzureichende Standfestigkeit der Linse spricht dafür, sie im Gemenge mit einer Stützfrucht anzubauen. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die Stickstoff-Fixierleistung der Linse zu schätzen und zu ermitteln, wie sich der Anbau im Gemenge auf die N_2-Fixierung, Boden-N-Aufnahme und Ertragsbildung verschiedener Linsengenotypen auswirkt.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde in den Jahren 2000 und 2001 auf einem Auenlehm bei Göttingen durchgeführt. Es handelte sich um eine zweifaktorielle Blockanlage mit den Faktoren Anbauform (Reinsaat/Gemenge) und Linsengenotyp auf einer seit 1994 ökologisch bewirtschafteten Fläche. Es wurden drei verschiedene Linsengenotypen aus den Beständen der Genbank des Instituts für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung in Gatersleben verwendet. Das Gemenge wurde mit Nacktgerste (Sorte Taiga) angelegt. Die Aussaat erfolgte am 11. April 2000 bzw. am 23. April 2001. Die gewünschten Bestandesdichten der Reinsaaten lagen bei 150 (Linse) bzw. 300 (Gerste) Pflanzen pro m^2. Die substitutiven Gemenge bestanden aus 80 % Linse und 20 % Gerste. Die beiden Gemengepartner wurden zusammen in einer Reihe ausgesät. Die Sprossmasse wurde je Parzelle auf einer Fläche von 1,44 m^2 zu Beginn der Blüte der Linse und beim ersten Aufplatzen der reifen Linsenhülsen (Totreife der Gerste) beerntet. Die Spross- und Kornmasse wurde getrocknet, vermahlen und auf den N-Gehalt sowie für die Schätzung der N_2-Fixierleistung auf das $^{15}N/^{14}N$-Isotopenverhältnis untersucht. Vor der Aussaat, zu beiden Ernteterminen und zwei Monate nach der Ernte wurden Bodenproben bis in 120 cm Tiefe gezogen und die $CaCl_2$-löslichen Stickstoffverbindungen (N_{min}) bestimmt. Die N_{min}-Mengen im Boden lagen vor der Aussaat bei 49,8 kg N_{min} ha^{-1} (2000) bzw. 110,8 kg N_{min} ha^{-1} (2001).

Ergebnisse und Diskussion

Die verschiedenen Linsengenotypen zeigten in beiden Jahren keine signifikanten Unterschiede in den Trockenmasse-(TM-)Erträgen und beeinflussten die TM-Erträge der Gerste im Gemenge nicht signifikant. Linse in Reinsaat brachte signifikant höhere Kornerträge als im Gemenge ($P < 0{,}001$, Tab. 1). Während in Reinsaat die Kornerträge der Linse im zweiten Versuchsjahr höher lagen als im ersten, reduzierten sich im Gemenge die Kornerträge der Linse vom ersten zum zweiten Versuchsjahr. Der Kornertrag der Gerste verhielt sich dazu umgekehrt. Die höheren N_{min}-Mengen

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,
Georg-August-Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

im Boden im Jahr 2001 führten zu höheren Erträgen der Linse in Reinsaat, im Gemenge jedoch zu einer sehr hohen Konkurrenz durch die Gerste und damit zu geringeren Erträgen der Linse.

Tab. 1: Korn-TM- und N-Erträge der Linse (im Mittel der verschiedenen Genotypen) und Gerste in Rein- und Gemengesaat zur Reife mit den Trockenmasse- und Stickstoff-Harvestindizes (TM-HI, N-HI), Anteil von Spross-N aus der Luft (Ndfa) und den vereinfachten N-Flächenbilanz-Salden

		Reinsaat	Gemenge			Reinsaat
	Jahr	Linse	Linse	Gerste	Summe	Gerste
TM_{Korn} [dt ha^{-1}]	2000	22,4	14,2	15,5	29,7	24,4
	2001	26,7	7,0	30,4	37,4	42,9
TM-HI	2000	0,26	0,32	0,37		0,36
	2001	0,39	0,33	0,43		0,44
N_{Korn} [kg ha^{-1}]	2000	98,6	63,2	34,3	97,5	47,9
	2001	115,9	29,8	69,4	99,2	79,3
N-HI	2000	0,47	0,56	0,65		0,62
	2001	0,65	0,60	0,75		0,77
Ndfa	2000	72,8	85,3			
	2001	65,7	83,6			
N-Saldo [kg ha^{-1}]	2000	+55	+31	-34	-3	-48
	2001	+1	+11	-69	-58	-79

Im Jahr 2000 lagen die Kornerträge des Gemenges in der Summe der beiden Gemengepartner höher als die der Reinsaaten. Hier stellte sich ein relativer Gesamtertrag (RYT) von 1,4 ein. Im Jahr 2001 dagegen waren nur die RYT-Werte für den Spross-, nicht aber für den Kornertrag größer 1. Die starke Konkurrenz durch die Gerste führte hier zu einer Verminderung des Wachstums und der N_2-Fixierung der Linse. Ein sehr konkurrenzstarker nichtlegumer Gemengepartner kann somit bewirken, dass ein Leguminosen/Nichtleguminosen-Gemenge keinen Vorteil gegenüber den Reinsaaten bietet (Carr et al., 1995). Umgekehrt kann eine niedrige N_{min}-Menge im Boden bzw. eine geringere N-Düngung die Konkurrenzkraft des schwächeren, legumen Gemengepartners stärken (Cowell et al., 1989).

Der Anbau der Linse im Gemenge führt häufig zu einer stärkeren Terminierung des Wachstums der Linse. In beiden Versuchsjahren konnte durch die Konkurrenz mit Gerste der TM-Harvestindex der Linse angehoben werden (Tab. 1), da das vegetative Wachstum eingeschränkt wurde und somit mehr Assimilate für die Kornfüllung zur Verfügung standen.

Sowohl der N-Ertrag als auch die Menge des aus der Luft fixierten Stickstoffs der Linse in Reinsaat lagen höher als die der Linse im Gemenge. Der Anteil an Stickstoff aus der Luft (Ndfa) lag jedoch im Gemenge höher als in Reinsaat (Tab. 1). Im Gemenge wurde die Linse durch die Konkurrenz um Bodenstickstoff stärker zur Stickstoff-Fixierung angeregt. Der symbiotisch fixierte Stickstoff lag zur Reife bei 154 (2000) bzw. 117 (2001) kg N ha^{-1} in Reinsaat und bei 95 bzw. 41 kg N ha^{-1} im Gemenge.

Die durch das hohe N_{min}-Angebot im Boden im Jahr 2001 gesteigerte Boden-N-Aufnahme und Konkurrenzfähigkeit der Gerste im Gemenge sowie die erhöhten Harvestindizes von Linse und Gerste führten dazu, dass die N-Blilanz im Jahr 2001 mit -58 kg N ha^{-1} stärker negativ war als im Jahr 2000 mit nur -3 kg N ha^{-1} (Tab. 1).

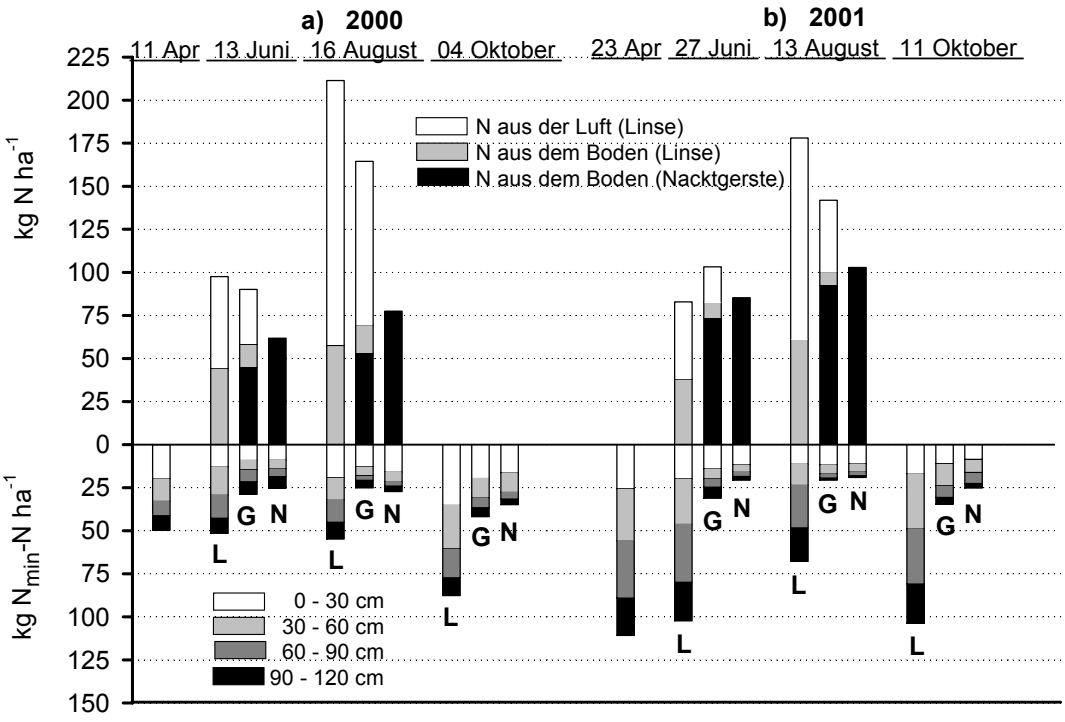


Abb. 1: $CaCl_2$-extrahierbarer N_{min}-Mengen im Boden, boden- und luftbürtige N-Akkumulation im Spross von Linse (L = Mittel der Linsengenotypen) und Nacktgerste (N) in Reinsaat und Gemenge (G) in den Jahren 2000 (a) und 2001 (b)

Linsen in Reinsaat entnahmen den Bodenstickstoff aus Schichten von 0 bis 60 cm und reduzierten die Boden-N_{min}-Mengen signifikant weniger als Linsen im Gemenge ($P < 0{,}001$; Abb. 1). Der Anbau von Linsen in Reinsaat führt damit zu einer höheren Gefahr der Nitratauswaschung als der Gemengeanbau, insbesondere wenn vor der Aussaat bereits hohe N_{min}-Mengen in den tieferen Bodenschichten vorliegen (Schmidtke et al., 2003). Durch die unterschiedliche Wurzelmorphologie der Gemengepartner wird im Gemenge auch aus den tieferen Bodenschichten Stickstoff aufgenommen.

Literatur

Carr, P.M., J.C. Gardner, B.G. Schatz, S.W. Zwinger & S.J. Guldan, 1995: Grain yield and weed biomass of wheat-lentil intercrop. Agron. J. 87, 574-579.

Cowell, L.E., E. Bremer & C. Van Kessel, 1989: Yield and N_2 fixation of pea and lentil as affected by intercropping and N application. Can. J. Soil Sci. 69, 243-251.

Schmidtke, K., A. Neumann, C. Hof & R. Rauber, 2003: Soil and atmospheric nitrogen uptake of lentil (*Lens culinaris* Medik.) and barley (*Hordeum vulgare* ssp. nudum L.) as monocrops and in mixed stands. Field Crops Res. (eingereicht).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 102–105 (2003)

Hohes Ertragsrisiko durch extreme Frühsaaten von Winterweizen in mitteldeutschen Trockengebieten

Farack, Martin*

Einleitung

Winterweizen nahm im Jahr 2002 57 % der Getreidefläche in Thüringen ein. Alternative Kulturen zu Weizen wie Körnerleguminosen, Wintergerste, Winterroggen und Triticale, aber auch Braugerste, sind z.T. dem Weizen ertragsmäßig unterlegen und/ oder realisieren deutlich niedrigere Preise am Markt.

Mit Qualitätsweizen waren bisher in Thüringen die höchsten Erlöse zu erzielen. Es ist davon auszugehen, dass der sehr hohe Anbauumfang von Winterweizen weiter anhalten wird. Dies führt zu Problemen, wie hohen Arbeitsspitzen und Terminkosten bei Überschreiten der optimalen agrotechnischen Zeitspanne, aber auch zu fruchtfolgebedingten Ertragsdepressionen sowie zu Qualitätsminderungen.

Für die Thüringer Landwirtschaft ergibt sich daraus die Frage:

Können agrotechnische Maßnahmen die gegenwärtigen und sich verschärfenden Arbeitsspitzen bei der Winterweizenernte und Bestellung mindern?

Die Saatzeitenversuche der Jahre 1996 bis 1999 zeigten, dass für Thüringen in Abweichung von der bis dahin empfohlenen Oktobersaat, die zweite Septemberhälfte die ertragsstärkste und sicherste Zeitspanne war und durch differenzierte Saatzeiten und Sortenwahl eine Reifestaffelung bis 10 Tage ermöglichte (FARACK 2001). Noch frühere Aussaaten wurden bis 1999 nicht in unseren Untersuchungen getestet. Versuchsergebnisse und praktische Erfahrungen aus Norddeutschland haben ergaben, dass auch Saaten in der ersten Septemberhälfte ohne Ertragseinbußen möglich sind (VIETINGHOF und GIENAPP 2000, VERCH und KÜHN 2001). Da Thüringer Anbaubedingungen nicht mit denen Norddeutschland vergleichbar sind, erfolgte von 1999 bis 2002 die Prüfung extrem früher Winterweizenaussaaten (Anfang September).

Material und Methoden

In einem Parzellenversuch wurde 2000- 2002 an neun Thüringer Versuchsstandorten die Vorverlegung des Saattermins bei Winterweizen in die erste Septemberdekade (extreme Frühsaat) im Vergleich zur Aussaat in der ersten Oktoberdekade (Normalsaat) untersucht. Zur Ermittlung des reinen Saatzeiteneffektes erfolgte in diesen Versuchen keine insektizide Beizung, keine Spritzung zur Blattlausbekämpfung und keine zusätzliche Fungizidbehandlung im Herbst. Diese Maßnahmen sind derzeit Ausnahmen in der landwirtschaftlichen Praxis Thüringers. Die Versuche wurden als Exaktparzellenversuche in einer Blockanlage mit vier Wiederholungen an vier Löß- und vier Verwitterungsstandorten in Thüringen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Ernteverfrühung

Eine extreme Vorverlegung der Aussaat auf Anfang September führte verglichen mit der Normalsaat im Mittel aller neun Versuchsorte und drei Versuchsjahre zu einer Gelbreife- und Ernteverfrühung um etwa fünf Tage. In Abhängigkeit von Standort und Witterung betrug die Spannweite des Gelbreifetermins 0 bis 12 Tage und die des

* Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Apoldaer Straße 4, 07778 Dornburg

Erntetermins 0 bis 21 Tage. Im Abreifeverhalten reagierten die geprüften Sorten Aron und Ludwig ähnlich.

Ertrag

Zur Beurteilung der Hauptwirkung Saatzeit auf den Ertrag wurde über alle neun Standorte das Mittel der Sorten Aron und Ludwig bei vergleichbarer Saatstärke von 300 K/m² zugrunde gelegt. Im Durchschnitt der drei Versuchsjahre und Orte (27 Versuche) führte die extreme Frühsaat zu einer Ertragseinbuße von 4,72 dt/ha (6 %) gegenüber der Normalsaat. Die Jahreswitterung hatte einen großen Einfluss auf die Ertragshöhe und das Ertragsverhalten der extremen Frühsaaten.

Die Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 1999/2000 zeigten, dass extreme Frühsaaten nicht in jedem Fall vorteilhafter als Saaten Anfang Oktober waren, aber auch nicht zu Missernten führten. Im Mittel aller neun Versuchsstandorte war die Frühsaat der Oktobersaat ertragsmäßig nur unwesentlich (0,7 dt/ha) überlegen. Eine Analyse des Ertragsverhaltens der Einzelstandorte machte deutlich, das die typischen Weizenstandorte (Löß), wie Dornburg, Friemar und Großenstein, bei Aussaaten Anfang September deutliche Mindererträge gegenüber der Normalsaat aufwiesen.

Im Versuchsjahr 2000/ 2001 verstärkte sich diese Tendenz. Aufgrund der warmen Herbstwitterung 2000 konnte eine überdurchschnittlich hohe Infektionsrate mit Blatt- und Fußkrankheiten sowie mit Gerstengelbverzwergungsvirus beobachtet werden. So waren in Dornburg und Großenstein, wie Labortests zeigten, 40 bis 43 % der Weizenpflanzen mit diesem Virus befallen. Der Weizen reagierte mit verminderten Bestandesdichten und einer deutlichen Rotverfärbung der Blattspitzen.

Zur Ernte 2001 führte die Saat Anfang September an allen vier Lößstandorten zu Mindererträgen von 35 bis 11 % gegenüber der Oktobersaat. Aber auch auf den „wärmeren“ Verwitterungsstandorten Bad Salzungen, Bollberg und Burkersdorf traten deutliche Ertragseinbußen auf. Lediglich in Heßberg war die extreme Frühsaat Anfang September der Oktobersaat überlegen.

Als Hauptursache für die sehr starken Ertragseinbußen der Frühsaat war 2000/ 2001 der Befall mit Gelbverzwergungsvirus anzusehen. Dies belegte ein Vergleich von zwei Versuchen in Dornburg, wo durch einen Insektizidschutz mittels Beizung (Gaucho 350 FS) die Ertragsverluste um 20 % Punkte von 35 % auf 15 % reduziert werden konnten.

Im Versuch 2001/2002 führten ausreichend Niederschläge im September zu einem zügigen Auflaufen des Winterweizens nach 12-15 Tagen. Die zweite Septemberhälfte und der Oktober waren durch die für diese Jahreszeit zu hohen Tagesdurchschnittstemperaturen gekennzeichnet (September: 9 Tage ∃14°C; Oktober: 9 Tage ∃14 °C). Diese Witterungsbedingungen begünstigten den Vektorenflug und waren somit die Voraussetzung für den zu erwartenden Virusbefall, welcher durch die Boniturен im Frühjahr bestätigt werden konnte.

Im Mittel aller Versuchsstandorte (n=9) war 2002 die Normalsaat der Frühsaat um 4,46 dt/ha überlegen, an fünf Standorten konnten signifikante Mehrerträge ermittelt werden. Da auf Grund witterungsbedingter Faktoren die Frühsaat an den Standorten Heßberg und Kalteneber erst Ende September erfolgte, galt diese nicht mehr als extreme Frühsaat. Reduziert man das Ertragsmittel der Versuche auf die tatsächlichen Frühsaaten (n=7), erhöhte sich die Ertragsüberlegenheit der Normalsaat gegenüber der extremen Frühsaat auf 7,1 dt/ha. Im Vergleich zum Jahr 2001 fielen die Ertragseinbrüche 2002 bei extremen Frühsaaten nicht so hoch aus. An den Löß-Standorten Dornburg, Friemar und Großenstein lagen diese bei 12–17%.

Eine Ursache für die geringere Ertragsdifferenz war das witterungsbedingt begrenzte Ertragspotential des Jahres 2002.

Das auch 2002 der Virusbefall als Hauptursache für die Ertragseinbußen bei extremen Frühsaaten zu sehen war, zeigte wie auch im Vorjahr der Vergleich zwischen zwei in Dornburg angelegten Versuchen. Im oben beschriebenen Versuch (ohne insektizide Beizung) reduzierte die extreme Frühsaat den Ertrag um 12 % gegenüber der Normalsaat. In einem zweiten, vergleichbaren Versuch mit insektizider Beizung (gleiche Sorte, Saatzeit, Düngung-, Pflanzenschutzmaßnahmen) konnte sogar ein geringer Mehrertrag von 2 % bei der Aussaat Anfang September ermittelt werden.

Im Jahr 2001 kam das es trotz einer Vektorenbekämpfung (Insektizidbeizung mit Gaucho 350 FS) noch zu Mindererträgen (ca. 15 %). Der Ertragsrückgang bei extremen Frühsaaten kann deshalb nicht ausschließlich auf die Virusinfektion zurückgeführt werden. Untersuchungen zum Auftreten von Blatt- und Fußkrankheiten im Januar 2001 und Februar 2002 belegten, dass extreme Frühsaaten stärker befallen waren als Normalsaaten. Dies könnte neben einem unzureichenden Beizschutz eine weitere Erklärung für die Mindererträge in der ersten Saatzeit trotz Insektizidbeizung im Jahr 2001 sein.

Ertragskomponenten

Die Vorverlegung des Aussaatzeitpunktes auf Anfang September hatte im Mittel aller Versuche keinen Einfluss auf die Bestandesdichte (Ährenzahl/m²).

Dagegen zeigten sich bei der Tausendkornmasse (TKM) Zusammenhänge zum Ertragsverhalten. So konnten im Mittel der Versuche 2000 keine Unterschiede in der Höhe der TKM festgestellt werden. In den folgenden Versuchsjahren (2001, 2002) lag die TKM der normal gesäten Weizenbestände 3,9 bzw. 3,8 g über dem der Frühsaat Anfang September.

Qualitätskriterien

Das Merkmal Siebsortierung (Fraktion > 2,8 mm) verhielt sich analog zum Ertrag. So konnte im Jahr 2000 kein nennenswerter Unterschied zwischen den beiden Aussaatterminen (September, Oktober) festgestellt werden. In den Folgejahren 2001 und 2002 war die Aussaat Anfang Oktober der Aussaat Anfang September im Mittel aller Standorte um 5,7 bzw. 12,9 % Punkte überlegen. Auf das Hektolitergewicht hatte der Saatzeitpunkt keinen Einfluss. Der Rohproteingehalt stieg in der extremen Frühsaat in den Jahren 2001 und 2002 um 0,4 % an. Als Grund hierfür wurde der geringere Ertag bei gleicher N-Versorgung angesehen. Erwartungsgemäß hatte die Saatzeit keinen Einfluss auf den Sedimentationswert. Das Kriterium Fallzahl zeigte in allen Versuchsjahren in der Oktobersaat eine rückläufige Tendenz. Ganz besonders in dem niederschlagsreichen Jahr 2002 war durch die späte Ernte der Spätsaat ein Abfall der Fallzahlwerte im Mittel von 100 sec gegenüber der Frühsaat zu verzeichnen.

Schlussfolgerungen

Aus den dargestellten Versuchsergebnissen der Jahre 2000 bis 2002 sowie der vierjährigen Versuchsserie von 1996 bis 1999 lassen sich nachfolgende Saatzeitempfehlungen für Thüringen und vergleichbare Standortbedingungen ableiten:

Auf Standorten in warmen Lagen sollte nicht vor dem 20. September, besser nach dem 25. September mit der Weizenaussaat begonnen werden. Wird trotzdem aus arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkten früher gesät, muss den sich daraus ergebenden Gefahren, wie z. B.

- Infektion mit Gerstengelbverzwergungsvirus
- verstärktes Auftreten von Blatt- und Fußkrankheiten
- verstärkte Verunkrautung
- zu dichte und damit auswinterungs- und lagergefährdete Bestände

entgegengewirkt werden.

In kühleren Regionen der Vorgebirgslagen ist eine Aussaat ab dem 10. September möglich.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass pflanzenbauliche Erkenntnisse aus Regionen mit anderen klimatischen Bedingungen (z.B. Norddeutschland) nicht ohne weiteres auf das Mitteldeutsche Trockengebiet übertragbar sind.

Literatur

Farack, M.: Einfluß von Saatzeit und Sortenwahl auf Reife und Ertrag von Winterweizen. In: Gestaltung der Anbauverfahren landwirtschaftlicher Kulturpflanzen- Berichte aus der Agrarwitschaft, Shaker Verlag, Aachen (2001).- S37- 47

Vietinghof, J.; Gienapp, C.: Frühsaat hebt den Weizenertrag. Bauernzeitung 41 (2000) Nr. 32., S.24/25

Verch, G.; Kühn, G.: Erfolgreich mit früher Aussaat. Bauernzeitung 42 (2001) Nr. 31. -S. 32/33

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 106–109 (2003)

Kombinierter Anbau von Energie- und Futterpflanzen im Rahmen eines Fruchtfolgegliedes – Beispiel Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht

Rüdiger Graß und Konrad Scheffer*

Einleitung

Bei der in Zukunft zu erwartenden und politisch forcierten Ausweitung der Nutzung regenerativer Energien wird die Biomassenutzung eine bedeutende Rolle spielen. Die in der Biomasse gespeicherte Sonnenenergie ist im Gegensatz zu anderen regenerativen Energieträgern jederzeit und bei jeder Witterung verfügbar.

In der Diskussion um den Anbau von Biomasse zur energetischen Nutzung wird vor allem die Frage aufgeworfen, wie ein solcher Biomasseanbau möglichst umweltgerecht und zugleich hochproduktiv gestaltet werden kann. Ferner wird darauf hingewiesen, dass der Energiepflanzenanbau mit dem Anbau von Nahrungs- und Futterpflanzen um die landwirtschaftlichen Flächen konkurriert. Dies wird besonders im Ökologischen Landbau (ÖL) kritisch betrachtet, da aufgrund des geringeren Ertragsniveaus tendenziell eine Flächenknappheit besteht.

Mit dem Anbausystem "Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht" (*System Graß/Scheffer*) sollen die in der Diskussion stehenden Probleme reduziert werden. Bei diesem Anbausystem werden in einem Jahr zwei Kulturen angebaut und geerntet. Als Erstkultur wird dabei Ende September eine Wintererbse angebaut, die über Winter einen bodenschützenden Bestand bildet. Diese wird Ende Mai als Ganzpflanze geerntet und kann wahlweise als Futter oder in einer Biogasanlage als Co-Fermentat zur Energieerzeugung genutzt werden. Nach der Ernte wird im Direktsaatverfahren Ende Mai der Silomais in die Stoppel der Erbsen gesät.

Material und Methoden

Dieses Anbausystem wurde in vier Versuchsjahren (1999-2002) in einem einfaktoriellen Versuch getestet:

Faktor: N-Düngung zu Mais (*cv. Probat*) über Gülle: 0, 40, 80 kg N/ha

Als Vergleich wurde zusätzlich die Variante "Silomais in Hauptfruchtstellung" angebaut, wo der Mais entsprechend herkömmlicher Anbausysteme nach Winterzwischenfrucht (Wintererbsen-Roggengemenge) und Frühjahrspflugfurche Anfang Mai ausgesät wurde. Der Mais (*cv. Probat*) wurde dabei mit 80 kg N/ha über Gülle gedüngt. Die Erbsen (*cv. EFB 33*)wurden Ende September mit 80 Körnern/m^2 ausgesät. Das Gemenge bei der Vergleichsvariante setzte sich aus 40 Kö/m^2 Erbsen (*cv. EFB 33*) und 150 Kö /m^2 Roggen (*cv. Harkada*) zusammen. Die Bestandesdichte beim Mais betrug 10 Pfl./m^2. Bei den Erbsen und beim Zwischenfruchtanbau wurde keine Unkrautregulierung vorgenommen. Exemplarisch werden die Ergebnisse aus den Jahren 2000 und 2002 vorgestellt.

Die Versuche wurden auf dem Versuchsbetrieb der Universität Kassel, der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen im Landkreis Kassel durchgeführt. Die Flächen liegen auf ca. 230 m über NN. Das langjährige Temperaturmittel beträgt 8,5 °C und die durchschnittliche Niederschlagsmenge liegt bei 698 mm. Bei den Versuchsflä-

* Institut für Nutzpflanzenkunde, Universität Kassel, Steinstraße 19, 37213 Witzenhausen, e-mail: grass@wiz.uni-kassel.de

chen handelte es sich um Parabraunerden mit dem Ausgangssubstrat Löss (Jahr 2000: L4 Lö 71/70 bzw. Jahr 2002: L3 Lö 75/73).

Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 1 sind die Ganzpflanzenerträge, Futterwertparameter und die N-Gehalte im Aufwuchs der Wintererbsen aufgeführt.

Tab. 1: Ganzpflanzenertrag, Futterwertparameter und N-Gehalt Ende Mai im Aufwuchs von Wintererbsen (WE), Frankenhausen 2000 und 2002.

Parameter/Jahr	**2000**	**2002**
Ertrag in dt TM/ha	57,4	54,0
TS-Gehalt in %	11,7	11,6
Rohproteingehalt in %	15,3	17,2
N-Ertrag in kg/ha	140,5	148,6
Energiedichte in MJ NEL/kg TM	5,8	5,2

Eine Futternutzung im Rindviehbereich ist aufgrund des geringen TS-Gehalts und der eher geringen Energiedichte nicht von großem Interesse. Da die Konservierung der Erbsen als Ganzpflanzensilage (GPS) erfolgt, lässt der geringe TS-Gehalt eher eine qualitativ schlechtere Silage erwarten. Außerdem haben die meisten Betriebe gerade im Ökologischen Landbau ausreichend proteinreiches Futter über den Leguminosenanbau zur Verfügung. Daher bietet sich die Nutzung als Co-Fermentat in einer Biogasanlage an, wo die Silagequalität nur eine untergeordnete Rolle spielt. Je kg TM lassen sich eine Kilowattstunde (kWh) elektrische (Strom) und zwei kWh thermische Energie (Wärme) erzeugen. Ferner bleibt bei der energetischen Nutzung der im Aufwuchs gespeicherte Stickstoff in Höhe von 140 bzw. 149 kg/ha erhalten. Dieser wird nach der energetischen Nutzung wieder mit dem Eluat auf die Felder ausgebracht und stellt einen wertvollen N-Dünger dar.

Bei der Vergleichsvariante wurde die winterharte Zwischenfrucht Wintererbsen-Roggengemenge im April umgebrochen und der Mais Anfang Mai gesät. Nach der Wintererbsenernte wurde der Mais Ende Mai im Direktsaatverfahren gesät. Die dabei erzielten Erträge sind in Abb. 1 und Abb.2 dargestellt.

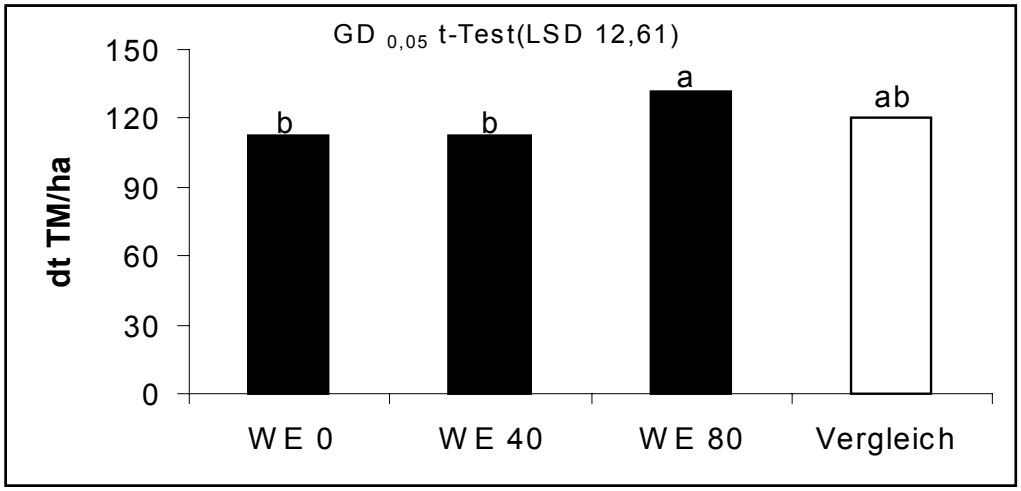


Abb. 1: Silomaiserträge nach der Vorfrucht Wintererbsen (WE) mit unterschiedlicher N-Düngung über Gülle (0, 40, 80 kg) und bei der Vergleichsvariante mit 80 kg N/ha über Gülle, Frankenhausen 2000.
(Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05).

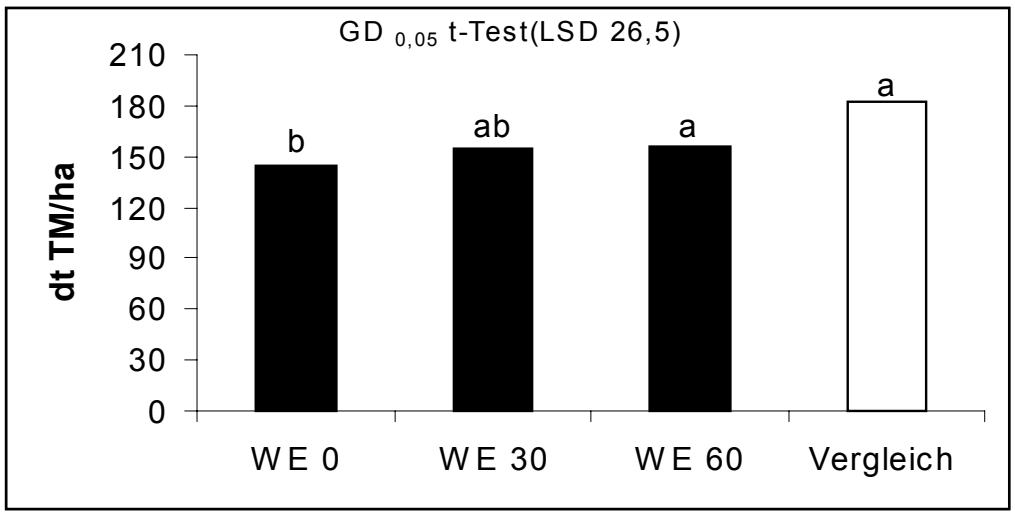


Abb. 2: Silomaiserträge nach der Vorfrucht Wintererbsen (WE) mit unterschiedlicher N-Düngung über Gülle (0, 30, 60 kg) und bei der Vergleichsvariante mit 60 kg N/ha über Gülle, Frankenhausen 2002.
(Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05).

Im Jahr 2000 lag der Silomaisertrag bei der Variante mit 80 kg N/ha über Gülle leicht über dem der Vergleichsvariante, während im Jahr 2002 der Ertrag der Vergleichsvariante etwas höher war. Die Erträge der Varianten mit geringerer bzw. ohne N-Düngung lagen entsprechend niedriger. Die Spät- und Direktsaat von Mais wirkte sich bei gleicher N-Düngung also nicht nachteilig auf den Ertrag aus. Voraussetzung dafür ist der Anbau einer spätsaatverträglichen Sorte, die eine ausgeprägte vegetative Phase durchläuft und die dabei gebildete vegetative Pflanzenmasse in einer kurzen generativen Phase zur Siloreife bringt. Die Sorte *Probat* stellt eine solch spätsaatverträgliche Sorte dar (Graß, 2003).

Die TS-Gehalte lagen bei den WE-Varianten zwischen 28 und 29 % und bei der Vergleichsvariante bei 31 %. Die Energiedichte betrug bei der WE Variante mit 80 kg N/ha über Gülle 6,4 bzw. 6,5 MJ NEL/ha und bei der Vergleichsvariante 6,5 bzw. 6,7 MJ NEL/ha. Bei den anderen WE-Varianten lagen die Werte auf einem etwas niedrigeren Niveau.

Die Erbsen besitzen für den Mais einen positiven Vorfruchtwert hinsichtlich der N-Nachlieferung und des Aufwandes für die Unkrautregulierung. Mit den Erbsen wurden bereits ca. 140 kg N/ha geerntet und trotzdem wurden noch vergleichbare Maiserträge wie bei herkömmlichem Anbau erzielt. Der in den Ernteresten und der mikrobiellen Biomasse im Boden gespeicherte N wird im Laufe der Vegetationsperiode mineralisiert und steht dem Mais zur Aufnahme zur Verfügung.

Ferner üben die Erbsen eine starke unterdrückende Wirkung auf andere Pflanze aus, so dass sie nach der Ernte einen nahezu unkrautfreien Acker hinterlassen. Da sie selbst nicht wieder austreiben, kann der Mais zunächst relativ konkurrenzlos heranwachsen. Der Aufwand für die Unkrautregulierung sinkt dabei ca. um die Hälfte im Vergleich zum herkömmlichen Anbau.

Mit der Ernte von zwei Kulturen in einem Jahr werden auf guten Böden Flächenerträge von bis zu 200 dt TM/ha erzielt, auch unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Voraussetzung dafür ist ferner eine ausreichende Niederschlagsmenge, um zwei Kulturen mit Wasser zu versorgen.

Mit der energetischen Nutzung der Erstkultur Wintererbse wird eine zusätzliche Wertschöpfung erzielt. Bei einem Ertrag von 55 dt TM/ha kann Strom im Wert von 550 € produziert werden. Der im Aufwuchs gespeicherte N bleibt bei dieser Nutzungsform nahezu komplett erhalten. Trotz dieser Nutzung ist im selben Jahr die Ernte von Silomais für die Futternutzung möglich, wobei positive Vorfruchtwerte der Wintererbsen dem Mais zugute kommen und die Produktionskosten sinken lassen. Die ganzjährige Bodenbedeckung und der damit verbundene Nährstoffentzug führen zur Vermeidung bzw. Reduzierung von Bodenerosion und Nährstoffaustrag.

Somit ist eine kombinierte Nutzung von Energie- und Futterpflanzen möglich, die umweltgerecht erfolgt, zur Ertragsoptimierung führt und für die ökologische wie die konventionelle Landwirtschaft geeignet ist. Dabei leistet sie einen produktiven Beitrag zu einer multifunktionalen Landwirtschaft, die zur Einkommenssicherung landwirtschaftlicher Betriebe beiträgt.

Literatur

Graß, R., 2003: Direkt- und Spätsaat von Silomais – Ein neues Anbausystem zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge. Dissertation (im Druck). Universität Kassel-Witzenhausen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 110–113 (2003)

Energiepflanzen und Landnutzungsfunktionen – Ein Überblick zu Kombinationsmöglichkeiten, biophysikalischen Effekten und ökonomischen Ansätzen

Lewandowski, I.*, Londo, M.[+], Schmidt, U.[#], Faaij, A.*

Einleitung

Um die von der EU anvisierten Steigerungen der Nutzung von Biomasse, insbesondere auch im Treibstoffsektor, zu erreichen, muss die gezielte Produktion von Biomasse, z.B. mit Energiepflanzen, Teil der langfristigen Planungen in Europa werden, denn Waldholz und Reststoffe aus der Wald- und Landwirtschaft allein können die benötigten Mengen nicht liefern. Energiepflanzen werden auf Agrarfläche produziert und zeichnen sich durch hohe Biomasseertrags- und CO_2 -Reduktionspotentiale aus. Ihre wesentlichen Nachteile sind (i) dass die Kosten der Produktion von Biomasse von Energiepflanzen höher sind als die Kosten für die konkurrierenden fossilen Energieträger und für Reststoffe; (ii) dass die intensive Landnutzung, insbesondere auf qualitativ hochwertigen Flächen, zu Konkurrenz mit anderen Landnutzungsformen (z.B. Nahrungsmittelproduktion, Naturschutz) führt. Um die Kosten der Produktion von Energiepflanzen zu verringern, sowie auf der Suche nach Systemen, die eine effizientere Landnutzung erlauben, werden Konzepte zur Mehrfachlandnutzung – sogenannte Multiple Land Use (MLU) Systeme – diskutiert. MLU Konzepte suchen nach Möglichkeiten, um bei der Landnutzung die Bereitstellung verschiedener Güter und Dienstleistungen zu kombinieren. Bisher gibt es kaum Erfahrungen mit der Kombination von Landnutzungsfunktionen und Biomasseproduktion. Desweiteren fehlen quantitative Informationen zu den biophysikalischen Effekten (Erfüllung der Funktion) und dem monetären Wert verschiedener Funktionen. Deshalb ist es hier das Ziel, einen Überblick über die Funktionen, welche mit der Produktion von Biomasse kombiniert werden könnten, zu geben, sowie methodische Ansätze zur Ermittlung des Wertes dieser Landnutzungsfunktionen vorzustellen und anhand eines Fallbeispiels durchzurechnen.

Material und Methoden

Die Zusammenstellung der Landnutzungsfunktionen sowie die Ermittlung von Ansätzen zur Quantifizierung des monetären Wertes von Landnutzungsfunktionen erfolgte anhand von Literaturstudien und konzeptionellen Überlegungen (siehe u.a. Londo 2002). Die Konzepte zur Ermittlung des Wertes der Funktion “Phytosanierung” wurden auf Grundlage von Daten aus eigenen Feldversuchen und aus der Literatur durchgerechnet.

* Utrecht University, Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Department of Science, Technology and Society, Padualaan 14, 3584 CH Utrecht, Niederlande; Tel.: 0031 (0)30 253 7640, Fax: 0031 (0)30 253 7601, e-mail: I.Lewandowski@chem.uu.nl
[+] KDO Consultancy, Leiden, Niederlande
[#] Entec Umwelttechnik GmbH, Wredestr. 34, D-67059 Ludwigshafen

Tab. 1: Landnutzungsfunktionen zur Kombination mit Biomasseproduktion in Multiple Land Use Systemen.

Art der Funktion	Funktionsbeschreibungen
Naturschutz und -management auf lokalem und regionalem Niveau	- Festlegung und Steigerung des Kohlenstoffgehaltes von Böden - Verringerung von Nitratauswaschung - Verringerung von Wasser- und Winderosion - Habitat für Wildtiere - Erhöhung der Biodiversität - ökologischer Korridor - Jagdbiotop - Uferschutz - Gestaltung robuster grüner Umgebung für Outdoor Aktivitäten, z.B. Mountainbiking
Naturschutz auf globalem Niveau	- Reduktion der CO_2 Emissionen aus organischen Böden - Reduktion der N_2O Emissionen aus organischen Böden - Verringerung der CO_2 Emission durch Substitution von fossilen Brennstoffen
Gewinnung von abiotischen erneuerbaren Resourcen	- Gewinnung von Trinkwasser - Schutz von Grundwasser
Abfallbehandlung	- Klärung von kommunalen Abwässern - Klärung von belastetem oder nährstoffhaltigem (Nähstoffrecycling) Drainagewasser von landwirtschaftlichen Flächen - Deponierung und Behandlung von Klärschlamm - Behandlung von Baggerschlamm - Deponie von organischen Abfällen - Sanierung von belasteten Sedimenten (PAH, Mineralöl, etc.) - Phytosanierung von schwermetallbelasteten Flächen - Behandlung von Deponiesickerwässern
Schutzfunktionen	- Puffern von Naturschutzgebieten gegen Grundwasserverringerung oder Austrocknung - Verringerung von N und P Austrag durch Pufferstreifen - Pufferstreifen zwischen intensiv genutzten und extensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen - Landschaftsschutz, z.B. traditionelle Formen des Weidenanbaus
Agroforestry	- Nutzung von Stillegungsflächen - Kombination mit Produktion von Früchten und Heilpflanzen - Kombination mit Produktion von Faserpflanzen (Cascade Systeme)
Infrastrukturelle Verbesserungen	- Visueller und akkustischer Schutz an Strassen, Eisenbahnschienen und Siedlungen - Nutzung des Landes unter Hochspannungskabeln - Nutzung von Siedlungsfläche

Ergebnisse und Diskussion

Von den in Tabelle 1 aufgeführten Funktionen wird die Phytosanierung, d.h. die Reinigung von schwermetallbelasteten Böden durch Pflanzenentzug, für eine weitere Analyse gewählt. In Nahrungsmitteln sind Schwermetalle humantoxisch, deshalb werden immer strengere Richtlinien und Grenzwerte für die zulässige Konzentrationen an Schwermetallen in Böden und Nahrungsmitteln erlassen. Allein in Deutschland sind mehrere 10.000 ha landwirtschaftliche Fläche derart durch Schwermetalle kontaminiert, dass sie gemäß der Bundesbodenschutzverordnung von 1999 oder der EU-Kontaminantenrichtlinie von 2001 aus der Nahrungsmittelproduktion genommen werden müssten. Als Alternativen zu Flächenstillegungen bieten sich die Sanierung der Flächen oder die Produktion von Biomasse für den Nichtnahrungsmittelsektor an. Phytosanierung erlaubt die Kombination von Biomasseproduktion und Sanierung der Flächen. Schmidt (2003) gibt einen Überblick über geeignete Methoden der Phyto-

sanierung und die Mengen an Schwermetallen, die dem Boden entzogen werden können.

Zur Quanifizierung des monetären Wertes einer Funktion können theoretisch folgende Konzepte angewandt werden.

1. Ermittlung eines Marktpreises – diese Methode setzt voraus, dass für den Service oder das Produkt, welches die Funktion bietet, ein Markt vorhanden ist.
2. Willingness-to-pay Methode – hierbei wird eine Befragung bei potentiellen Nutzern des Services bzw. des Produktes durchgeführt um zu ermitteln, wieviel diese dafür zu zahlen bereit sind.
3. Ermittlung des zusätzlichen oder entgangenen Nutzens – Diese Methode vergleicht den ökonomischen Nutzen eines Anbaus von Biomasse (System 1) mit dem Anbau von Biomasse welcher, auf derselben Flächeneinheit, zusätzlich eine Funktion erfüllt (System 2). Der Wert der Funktion ergibt sich aus der Differenz des Nutzens von System 1 und 2.
4. Vermiedene Kosten – Diese Methode ermittelt den Wert einer Funktion durch Vergleich mit den Kosten, die bei der Bereitstellung des Produktes bzw. Services durch eine alternative Methode enstehen würden.
5. Substitutionskosten – Hierbei wird der Wert einer Funktion in einem MLU-System im Vergleich zu zwei Single land use (SLU) Systemen ermittelt. Der Wert einer Funktion in einem kombinierten System wird ermittelt als die Differenz zwischen den Kosten eines kombinierten und den Kosten von zwei separaten Systemem.

Da zur Zeit kein Markt für die Leistung „Phytosanierung“ besteht, ist der Wert dieser Funktion nicht über den Marktpreis (Methode 1) bestimmbar. Zur Berechnung des Wertes der Phytosanierungsfunktion anhand des zusätzlichen Nutzens (Methode 3) kann von der Annahme ausgegangen werden, dass die kontaminierte Fläche alternativ für immer aus der Nutzung genommen werden müsste und sich der Wert der Phytosanierungsfunktion für den Landwirt aus dem, in Abhängigkeit von der jeweiligen Fruchtfolge variierenden, entgangenen Deckungsbeitrag ergibt.

Zur Bestimmung des Wertes der Phytosanierungsfunktion mittels vermiedener Kosten (Methode 4) ist der Preis für alternative Methoden der Sanierung anzusetzen, der bei ca. 600.000 Euro/ha für Auskoffern des Bodens und chemische Sanierung liegt. Aufgrund der hohen Kosten konventioneller Sanierungsverfahren werden diese jedoch auf landwirtschaftlichen Flächen in der Praxis nicht eingesetzt. Daher können auch andere Verfahren der Phytosanierung, z.B. durch Hyperakkumulatoren (Pflanzen, die in sehr hohen Konzentrationen Schwermetalle aufnehmen können, jedoch vergleichsweise geringe Biomasseerträge bilden) verglichen werden. Dieser Vergleich kann auch Grundlage der Ermittlung des Wertes der Phytosanierungsfunktion über die Substitutionskosten (Methode 5) sein. Hierbei wird das MLU-System „Weidenanbau kombiniert mit Phytosanierung auf zwei Hektaren“ den SLU-Systemen (i) Biomasse durch Miscanthus (Anm.: Miscanthus nimmt nicht genug Schwermetalle auf, um einen ausreichenden Entzug von Schwermetallen zu erreichen, kann aber einen höheren Biomasseertrag als Weide erzielen) auf einem Hektar und (ii) Phytosanierung durch Hyperakkumulatoren auf dem zweiten Hektar gegenübergestellt. Dabei fallen gesonderte Kosten für den Anbau von Hyperakkumulatoren und die Deponierung der schwermetallkontaminierten Biomasse an. Diese werden den zusätzlichen Kosten (Investitionen am Kraftwerk für einen Elektro- oder Gewebefilter zur Abscheidung der Schwermetalle) der Verbrennung schwermetallhaltiger im Vergleich zu unbelasteter Biomasse gegenüber gestellt. Abbildung 1 gibt einen Überblick über Bestimmungsgrössen zur Errechnung des Wertes der Phytosanierungsfunktion.

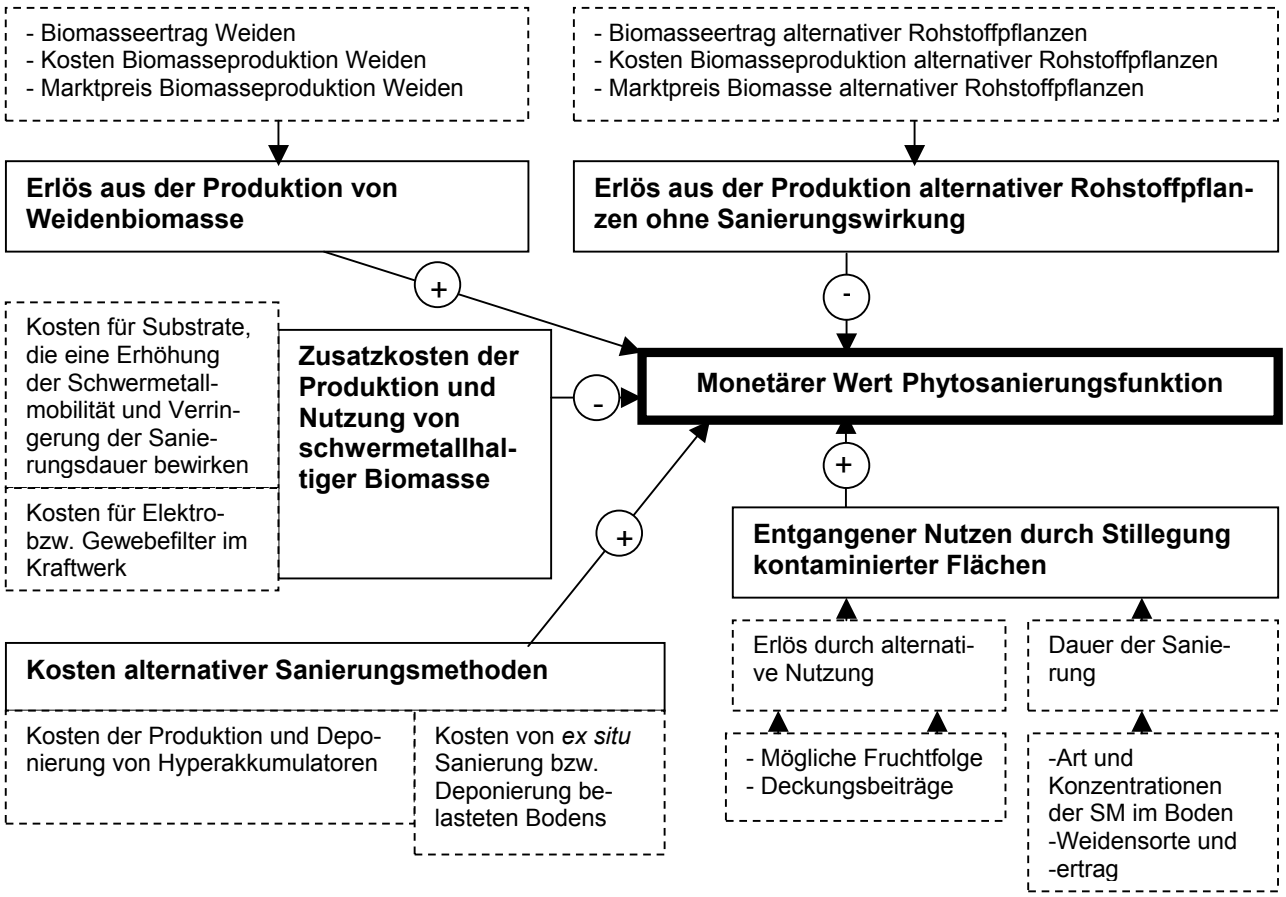


Abb. 1: Bestimmungsgrössen für den Wert der Phytosanierungsfunktion in Kombination mit der Produktion von Biomassebrennstoffen aus Weide (*Salix* ssp.)

Literatur

Londo, M. (2002). Energy farming in Multiple Land Use – An opportunity for energy crop introduction in the Netherlands. Universiteit Utrecht, 143 S.

Schmidt, U. (2003). Enhancing phytoextraction: the effect of chemical soil manipulation on mobility, plant accumulation and leaching of heavy metals. J. Env. Qual. im Druck, voraussichtliches Erscheinungsdatum: Nov/Dec 2003.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 114–119 (2003)

Der Anbau von Energiepflanzen als Chance einer weiteren Ökologisierung der Landnutzung

Konrad Scheffer*

Einleitung

Der Energieträger Biomasse wird den größten Beitrag zu einer solaren Energiewende leisten. Damit steht die Land- und Forstwirtschaft vor einer zweifachen Herausforderung: Erstens kann gar nicht genügend viel Biomasse produziert werden, um so schnell wie möglich die solaren Energiewende herbeizuführen, zweitens darf diese Produktionsoffensive nicht zu einer weiteren Verschärfung der mit der Landbewirtschaftung verbundenen ökologischen Probleme wie Monokulturen, Pestizideinsatz, Zerstörung der Bodenfruchtbarkeit und Schadstoffbelastung des Grundwassers führen. In diesem Beitrag soll aufgezeigt werden, dass sich hohe Biomasseerträge an Energiepflanzen mit einer deutlichen Verbesserung der ökologischen Situation auf geschätzten 4 Mio. ha und somit einem Drittel der deutschen Ackerfläche vereinbaren lassen.

Ökologischer und produktiver Energiepflanzenanbau

Ein in verschiedenen Publikationen vorgestelltes Konzept der Zweikultunutzung vereinigt diese Ziele weitgehend (SCHEFFER, 1998, 2000). Mit ihm werden je nach Bodengüte und Wasserversorgung Erträge von jährlich 15 bis 28 t Trockenmasse pro ha erzielt, was einem Öläquivalentertrag von ca. 6.000 bis 12.000 Litern entspricht. Das Konzept basiert auf dem Anbau von winterfesten Pflanzenarten im Herbst, der Ernte der nicht ausgereiften Pflanzen zwischen Mai und Juli, dem direkten Nachbau von Wärme liebenden Kulturarten und deren Ernte im Herbst. Pestizide werden nicht benötigt. Bodenerosion und Nährstoffeinträge in das Grundwasser werden durch den ganzjährigen Pflanzenbewuchs minimiert. Als Energiepflanzen steht eine beliebige Vielfalt bekannter Pflanzenarten zur Verfügung, die in Arten- und Sortenmischungen bei gleichzeitiger Duldung von Wildpflanzen genutzt werden können. Die Erntemasse wird ausschließlich als Silage feucht konserviert und steht im einfachsten Fall als Energieträger für Biogasanlagen zur Verfügung. Eine weitere Erhöhung der Energieausbeute aus Biomasse kann durch neue Technologien erfolgen. Dies soll an einem von der Dr. Volker-Reimann-Dubbers-Stiftung geförderten Projekt „Bioenergiehof Obernjesa„ demonstriert werden. Das Projekt sieht die Kombination von Biogas- und Vergasungstechnologie vor. Für die thermische Vergasung wird hinreichend trockene Biomasse benötigt. Dies wird erreicht, indem die feuchte Biomasse (Silage) mit einer Schneckenpresse entwässert wird. Mit dieser Entwässerung werden aus dem Brennstoff gleichzeitig erhebliche Mengen an brenntechnisch störenden und Umwelt belastenden Mineralstoffen wie Stickstoff, Chlorid und Kalium entfernt (HEINZ et al.1999). Diese finden sich im Presssaft wieder. Der Presssaft enthält im wesentlichen fein zerriebene und leicht lösliche organische Substanz und ist somit ein Idealsubstrat für Biogasanlagen.

Natürliche Ökosysteme, Agrarökosysteme und Energiepflanzen-Ökosysteme

Natürliche Ökosysteme zeichnen sich durch große genetische Vielfalt, eine hohe standortspezifische Produktivität und hohe Stabilität aus. Sie haben die Fähigkeit, abiotische Belastungen wie Wasser-, Sauerstoff-, oder Nährstoffmangel sowie den

* Universität Kassel, FB Ökologische Agrarwissenschaften, Institut für Nutzpflanzenkunde, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen, www.uni-kassel.de/ink

Befall der Pflanzen mit Krankheiten und Schädlingen auszugleichen (STÜLPNAGEL, 1992).

Im Gegensatz dazu geht es in Agrarökosystemen um eine möglichst hohe Nettoprimärproduktion. Dies zwingt zu Reinkulturen mit nur einer Pflanzenart und davon nur einer Sorte. Um seine Erträge sichern zu können, überlässt der Landwirt die Ertragsbildung nicht den natürlichen Regulationsmechanismen, sondern greift durch den Einsatz von Pestiziden regulierend ein. Das Wachstum einer Begleitflora, als Wildpflanzen oder Unkräuter bezeichnet, ist unerwünscht und wird mit chemischen und/oder mechanischen Methoden weitestgehend verhindert. Dabei unterscheidet sich der konventionelle Landbau vom ökologischen Landbau nur durch die Wahl der Methode zu ihrer Eliminierung. Wildpflanzenpopulationen außerhalb der Ackerflächen werden vom Landwirt als unbedeutend bzw. nutzlosen Flächenverbrauch eingeschätzt. Somit scheiden Selbstregulationsmechanismen, wie sie über Wirtspflanzen für Nützlinge oder über Räuber-Beute-Gleichgewichte, die durch Biotopverbund von Hecken, Gehölzen, Feldrainen und Grünflächen gewährleistet sind, durch großflächige Landbewirtschaftung aus.

In der Übersicht 1 sind die wichtigsten Charakteristika von natürlichen und agrarischen Ökosystemen aufgelistet. Der konventionelle Landbau steht einem natürlichen Ökosystem weit entfernt. Überschneidungen oder Ähnlichkeiten sind kaum zu erkennen. Im ökologischen Landbau sind zwar Annäherungen auszumachen, wirtschaftliche Zwänge zu von hohen Flächenerträgen, besonderen Qualitäten und Großflächenbewirtschaftung lassen mehr Annäherung nicht zu. So wird auch hier die Begleitflora so weit wie möglich zurückgedrängt, Reinkulturen werden akzeptiert und eine Einengung der Fruchtfolge wird nur dort vermieden, wo mehrjähriger Kleegrasfutterbau betrieben werden kann, denn es fallen Kulturarten wie Mais, Raps Sonnenblumen und Rüben weitgehend aus dem Anbau heraus. Ein verbesserter Erosionsschutz durch Mulchsaatverfahren bzw. unterlassene Bodenbearbeitung ist wegen des Zwangs zum Pflügen als notwendige Unkrautbekämpfungsmaßnahme nur begrenzt möglich. Vielfach gibt es Probleme mit Nitratausträgen in das Grundwasser durch hohe Reststickstoffgehalte im Boden nach dem Anbau von Körnerleguminosen oder durch den Umbruch von Kleegrasflächen im Herbst.

Den beschriebenen Ökosystemen gegenüber steht das „Energiepflanzen-Agrarökosystem„, wie es im Rahmen des Zweikultur-Nutzungssystems entwickelt wurde. Übersicht 1 zeigt, dass es sich eng an das natürliche Ökosystem anlehnen kann, ohne dass dies mit unzumutbaren Ertragsausfällen verbunden wäre. Dies soll im folgenden erläutert werden.

Artenvielfalt durch Energiepflanzenanbau

Eine große Vielfalt an Pflanzenarten auf der gleichen Fläche stellt den entscheidenden Faktor zur Stabilisierung von Ökosystemen dar und ist die wichtigste Voraussetzung zur Minimierung von Fremdregulationen (mechanische und chemische Unkrautbekämpfung, Einsatz von Insektiziden und Fungiziden). Das für die Energiegewinnung nutzbare Spektrum an Kulturarten ist weit. Es kommen Winterungen und Sommerungen, einjährige Kulturen und unter bestimmten Bedingungen auch mehrjährige oder Dauerkulturen zum Anbau.

Alle Familien, Arten und Sorten sind in Mischungen anbaubar, ohne auf Qualitätsansprüche achten zu müssen, weil es bei der energetischen Verwertung der Biomasse bis auf den Ölgehalt nahezu keine Unterschiede im Energiegehalt der Pflanzen gibt. Bei der Sortenwahl können phytosanitäre Aspekte (Resistenzen gegen Krankheiten und Schädlinge) stärker in den Vordergrund rücken, die noch durch **Sor-**

tenmischungen verstärkt werden können. Sortenmischungen ermöglichen eine höhere genetische Variabilität und sind z.B. bei Getreide ein brauchbares Mittel, um die Ausbreitung von durch Wind übertragene Krankheitserreger zu begrenzen.

Übersicht 1: Vergleich verschiedener Ökosysteme

natürliches Ökosystem	**konventionelles Agrarökosystem**	**ökologisches Agrarökosystem**	**Energiepflanzen-Ökosystem**
Artenvielfalt, natürl. Vegetation	**Reinkulturen**	**Reinkulturen,** jedoch oft im Wechsel mit mehrjähr. Futterbau, geringere Nutzpflanzenvielfalt (Wegfall von Mais, Rüben, Raps, S.-Blumen)	**Artenvielfalt** Arten- u. Sortenmischungen Nutzung genetischer Ressourcen
nur Wildpflanzen	keine Wildpflanzen	wenig Wildpflanzen	Tolerierung von Wildpflanzen
Selbstregulation von Krankheiten und Schädlingen	**Entkoppelung von Selbstregulationsmechanismen** durch chemische Maßnahmen	**Teilentkoppelung** durch mechanische Maßnahmen	weitgehende **Selbstregulation von Krankheiten und Schädlingen** durch Pestizidverzicht
Biotopverbundsystem aus Hecken, Gehölzen, Grasflächen als Überdauerungsmöglichkeit und Nahrungsgrund-lage für Nützlinge	**Beseitigung von Biotopverbund-systemen** durch großflächige Landbe-wirtschaftung	**Beseitigung von Biotopverbundsystemen** durch zunehmende Großflächenbewirtschaf-tung	**Biotopverbund wieder herstellbar**, weil Aufwüchse verschiedenster Biotope energetisch nutzbar sind
geschlossene Nährstoffkreisläufe	**offene Nährstoffkreisläufe** durch Entkoppelung von Tierhaltung und Pflanzenbau	**oft nicht mehr geschlossene Nährstoffkreisläufe**	**geschlossene Nährstoffkreisläufe**
geschütztes Grundwasser	**Grundwassergefährdung** durch Nitrat und Pestizide	**Grundwassergefährdung** durch Nitrat, z.B bei hohen Anteilen an Körnerleguminosen	**Grundwasserschutz** durch Verzicht auf Pestizide, Minimierung von Nitratausträgen durch Dauerbegrünung und Ganzpflanzennutzung
geschützter Boden	**intensive Bodenbearbeitung** Erosion, Humusabbau	**noch intensivere Bodenbearbeitung** (zur Unkrautkontrolle) Ausgleich von Humusabbau durch intensive Humuswirtschaft	**Bodenschutz durch minimale Bodenbearbeitung und Direktsaat,** dadurch geringer Humusabbau und
	Schädigung der Bodenfauna	(geringere) Schädigung der Bodenfauna	Förderung einer natürlichen Bodenfauna

Eine weitere Annäherung an natürliche Ökosysteme kann über den gleichzeitigen Anbau mehrerer Arten, den **Artenmischungen** erfolgen. Aus dem herkömmlichen und ökologischen Landbau sind außer Gemenge von Futterpflanzen (Klee- und Gräserarten) höchstens noch Gemenge von Körnerleguminosen mit Getreide (Bohnen mit Hafer) bekannt. Die Auswahl von Mischungspartnern ist wegen unterschiedlicher Reifezeitpunkte sehr begrenzt. Anders verhält es sich bei Energiepflanzen, die nach unserem Konzept der Feuchtkonservierung zu unterschiedlichsten Entwicklungsstadien geerntet werden können und somit in beliebiger Form miteinander kombiniert werden können. In Artenmischungen wird nicht nur eine verringerter Krankheits- und Schädlingsbefall festgestellt, sondern es sind auch höhere Erträge bei der Wahl der richtigen Anteile einzelner Arten in der Mischung zu erzielen (KARPENSTEIN u. STÜLPNAGEL, 2000).

Als weitere Möglichkeit einer Annäherung an natürliche Ökosysteme bietet sich die Chance, alte **genetische Ressourcen** wieder in Nutzung zu nehmen. Damit kann der sog. Generosion, d.h. dem Verlust an genetischer Vielfalt und damit an Anpassungsfähigkeit der Kulturpflanzen an unterschiedliche Vegetationsbedingungen entgegengewirkt werden. Genetische Ressourcen wie alte Landsorten erfüllen mit ihren Körnern oder Früchten heute nicht mehr die qualitativen Ansprüche an Nahrungs- und Futterpflanzen. Da dieser Aspekt bei Energiepflanzen keine Rolle spielt, die Ganzpflanzenerträge jedoch vielfach höher als bei modernen Sorten liegen (v. BUTTLAR, 1996), können sie sogar zu einem höheren wirtschaftlichen Erfolg bei der Biomasseproduktion beitragen.

Wildpflanzen, als Ackerbegleitflora oder auch als Unkraut bezeichnet, haben einen ähnlichen Energiegehalt wie Kulturpflanzen und sind daher in gleicher Weise energetisch nutzbar. Ihr Einfluss auf den Ertrag von Nahrungspflanzen ist auf Grund der Konkurrenzsituation sehr hoch und daher müssen sie beseitigt werden. Ist der gesamte Biomasseaufwuchs als Ernteprodukt anzusehen und kann eine unkontrollierte Samenvermehrung der Wildpflanzen durch Wahl eines frühzeitigen Erntezeitpunktes verhindert werden, führen Mischungen von Kultur- und Wildpflanzen nicht zu Mindererträgen, was den Einsatz von Herbiziden oder mechanischen Regulierungsmaßnahmen überflüssig macht (KARPENSTEIN-MACHAN, 1997).

Wildpflanzen bieten die Nahrungsgrundlage für Nützlinge. Ihre Tolerierung stabilisiert das Gleichgewicht mit den Schädlingen. Dieses Gleichgewicht kann nur erhalten werden, wenn die Nahrungsversorgung der Nützlinge ganzjährig gesichert ist und Überdauerungsmöglichkeiten vorhanden sind. Ein abgeräumter Acker unterbricht dies. Daher besteht Bedarf an einer als **Biotopverbund** bezeichneten Vernetzung von Äckern, Hecken, Gehölzen, Grabenrändern, Ackerrandstreifen oder Altgrasbeständen. Dieser Forderung kann die moderne Großflächenlandwirtschaft aus ökonomischen Zwängen nicht nachkommen. Im Energiepflanzenbau ist der Spielraum für solche Zielsetzungen viel größer, da die Aufwüchse zusammen mit den Kulturpflanzen zu Zeiten, in der sie ihre Zuflucht- und Nahrungsfunktionen nicht erfüllen müssen, energetisch genutzt werden können. Neben dieser Möglichkeit der **räumlichen Biotopvernetzung** kann auch eine **zeitliche Vernetzung** in der Weise gewährleistet werden, dass gestaffelte Erntetermine die Zuflucht von Tieren in noch stehende Nachbarkulturen ermöglichen (STÜLPNAGEL, 1998).

Geschlossene Nährstoffkreisläufe

Natürliche Ökosysteme zeichnen sich durch weitgehend geschlossene Nährstoffkreisläufe aus. In Agrarökosystemen sind diese vor allem durch die Entkoppelung von Tierhaltung und Pflanzenproduktion einerseits überfrachtet, d.h. es findet bei intensiver Tierhaltung Überdüngung statt, andererseits völlig offen, so dass der mit dem Verkauf pflanzlicher Produkte verbundene Nährstoffexport durch Mineraldüngerzukauf ausgeglichen werden muss. Verstärken sich die Tendenzen einer Entkoppelung von Tierhaltung und Pflanzenanbau auch im ökologischen Landbau, treten auch hier ähnliche Probleme auf. Im Energiepflanzenbau sind bei Anwendung der Biogastechnologie die Nährstoffkreisläufe völlig geschlossen. Wird Biomasse thermisch genutzt, finden sich bis auf den Stickstoff, der gasförmig emittiert wird, alle Nährstoffe in der Asche wieder. Der Stickstoffverlust wird bei unserem Verfahren der mechanischen Entwässerung der feuchten Biomasse minimiert, indem ein großer Anteil an N in den Presssaft überführt wird. Nach Verwertung des Presssaftes in einer Biogasanlage steht dieser Stickstoff als Dünger zur Verfügung. Durch den Anbau

von Stickstoff fixierenden Leguminosen wie Wintererbsen kann der restliche Stickstoffverlust leicht ausgeglichen werden.

Grundwasser- und Trinkwasserschutz
Analog zu natürlichen Ökosystemen wird mit dem Zweikultur-Nutzungssystem eine Dauerbegrünung der Ackerfläche angestrebt. Damit vermindern sich die Phasen, in denen gedüngter oder durch Mineralisation freigesetzter Stickstoff als Nitrat in das Grundwasser gelangen kann. Mit der Ernte des gesamten oberirdischen Aufwuchses verbleiben keine leicht abbaubaren und Stickstoff freisetzenden Reststoffe auf dem Acker zurück, wie das z. B. bei Raps der Fall ist. Eine weitere Chance einer Minimierung von Reststickstoffmengen im Boden im Spätherbst besteht in der Auswahl spätreifender Mais- oder Sonnenblumensorten, die im Gegensatz zu solchen Sorten, die eine bestimmte Reife erreicht haben müssen, bis zuletzt Stickstoff entziehen (SCHEFFER, 2002). Bei Getreide kann die Stickstoffdüngung um 30% reduziert werden, weil die problematische Spätdüngung entfällt. Weiterhin kann die Stickstoffdüngung durch Auswahl von Sorten mit niedrigem Eiweißgehalt, wie sie unter den genetischen Ressourcen zu finden sind, reduziert werden. Da im Energiepflanzenanbau auf den Einsatz von Pestiziden verzichtet wird, besteht auch keine Gefahr einer Kontaminierung des Grundwassers mit diesen Stoffen.

Bodenschutz
Boden ist vor Wind- und Wassererosion, vor Verdichtung und Verarmung an Biodiversität von Flora und Fauna sicher geschützt, wenn ihn ganzjährig Pflanzen bedecken und wenn möglichst keine mechanischen Bearbeitungsmaßnahmen erfolgen. Diesem Ziel kommen wir im Energiepflanzenbau durch zwei Kulturen in einem Jahr und Anbausystemen mit Minimalbodenbearbeitung und Direktsaat sehr nahe. Damit begegnen wir auch dem Argument, dass die Abfuhr des gesamten oberirdischen Aufwuchses zur Humusgehaltsminderung im Boden führt. Durch die Reduktion der Bodenbearbeitung auf ein Minimum kann der Humusgehalt über die Wurzelmasse und Stoppelreste stabilisiert werden, wie wir es von Wiesenflächen kennen. Im konventionellen und besonders im ökologischen Landbau erfolgen viel intensivere Bodenbearbeitungsmaßnahmen, die den Humusabbau stark fördern und entsprechende Ergänzung an Humus erforderlich machen. Gleichzeitig wird die Fauna des Bodens geschädigt, was sich z.B. in einem Schwund an Regenwürmern bemerkbar macht. Grund für die intensive Bodenbearbeitung ist hauptsächlich der Zwang zur Unterdrückung der sog. Unkräuter und Ungräser, die ohne Herbizide nicht zu kontrollieren sind. Neuerdings werden Ungräser wie Ackerfuchsschwanz und Windhalm auch gegen Herbizide resistent, weshalb auch im konventionellen Landbau als Bekämpfungsmaßnahme wieder intensivere Bodenbearbeitung empfohlen wird. Bodenerosion wird durch Dauerbegrünung sowie durch Direktsaat in die schützende Stoppelschicht der Vorfrucht verhindert (GRAß, 2002).

Erholungs- und Kulturwert der Landschaft
Natürliche Ökosysteme besitzen wegen ihrer Vielfalt an Flora und Fauna nicht nur einen höchst schützenswerten Kulturwert, sie erfüllen auch vielfältige Erholungsfunktionen für die Bevölkerung. Daher wird eine Ausweitung dieser Flächenanteile gefordert. Diesen Bestrebungen entgegen stehen die hohen Pflegekosten für Naturschutzflächen. Werden jedoch 30 % der Ackerflächen mit Energiepflanzen nach dem beschriebenen Konzept bewirtschaftet, relativiert sich der ökologische und politische

Druck, weitere Naturschutzflächen auszuweisen. Es sollte sogar möglich sein, Energiepflanzen-Flächen als Ausgleichsflächen für Bauprojekte anzuerkennen.

Schlussfolgerungen

Die Integration des Energiepflanzenanbaus in die Fruchtfolge konventionell und ökologisch wirtschaftender Landwirte im Umfang von ca. 30 % führt zu einer erheblichen ökologischen Entlastung der Agrarökosysteme. Die konsequente Förderung regenerativer Energie und besonders der aus Biomasse muss auch ein besonderes Anliegen des Ökologischen Landbaus sein, denn solange die Betriebsmittel Treibstoff, Wärme und Strom aus fossilen und atomaren Quellen stammen, hat er das Prädikat „ökologisch„ nur teilweise verdient. Beide Landbauformen sind in ihrer Existenz durch zunehmenden internationalem Preisdruck gefährdet. Die Alternativen müssen nicht in Betriebs- und Flächenvergrößerungen, Spezialisierung und damit Entkoppelung von Tierhaltung und Pflanzenbau bestehen, wenn der Landwirt wie im Falle der Energieproduktion die Chance zusätzlicher Wertschöpfung erhält.

Literatur

Buttlar, c., Chr. (1996): Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen über den Weg der energetischen Nutzung von Ganzpflanzen – am Beispiel der Wintergerste. Diss. Kassel/Witzenhausen, 193 S.

Heinz, A., R. Stülpnagel, M. Kaltschmitt, K Scheffer & D. Jezierska (1999): Feucht- und Trockengutlinien zur Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen – Vergleich anhand von Energie- und Emissionsbilanzen sowie anhand der Kosten. Hrsg.: Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER). Forschungsbericht. Band 63. ISSN 0938-1228

Karpenstein-Machan, M. (1997): Perspektiven eines pestizidfreien Anbaus von Energiepflanzen zur thermischen Verwertung im System der Zweikulturnutzung. Konzepte für den Energiepflanzenanbau. DLG-Verlag Franfurt, 183 S.

Scheffer, K. (1998): Ein produktives, umweltfreundliches Ackernutzungskonzept zur Bereitstellung von von Energie und Wertstoffen aus der Vielfalt der Kulturpflanzen – Ansätze für neue Wege. Beitr. der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Bd. 27, S. 65-80

Stülpnagel, R. (1998): Förderung der Artenvielfalt und Verbesserung der Brennstoffqualität durch die thermische Nutzung von feucht-konservierten Aufwüchsen aus Naturschutz und Grünflächen. Beitr. der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Bd. 27, S. 93-116

Scheffer, K. (2000): Energie aus der Vielfalt der Pflanzenarten – Ein neuer Ansatz zur ökonomischen und ökologischen Optimierung der Biomassenutzung. Energie und Umwelt – wo liegen optimale Lösungen? Union der deutschen Akademie der Wissenschaften, Jürgen Wolfrum und Sigmar Wittig (Hrsg.), Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, S. 117-126

Scheffer, K. (2002): Grundwasser- und Bodenschutz durch den Anbau von Energiepflanzen, Konferenzband „Der Landwirt als Energie- und Rohstofflwirt“, EUROSOLAR-Verlag, S. 23-26

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 120–123 (2003)

Stoffströme im Bioenergiedorf Jühnde

Marianne Karpenstein-Machan*

Beschreibung des Projektes und Projektziele

Ziel des Projektes „Das Bioenergiedorf“ ist es, die gesamte Strom- und Wärmeversorgung eines bestehenden Dorfes im Landkreis Göttingen auf die Basis von Biomasse (nachwachsende Rohstoffe, Gülle, Holz) umzustellen. Am Projekt sind sieben Disziplinen der Universitäten Göttingen und Kassel-Witzenhausen (Pflanzenbau, Agrarökonomie, Geowissenschaften, Bodenkunde, Psychologie, Politikwissenschaften, Soziologie) beteiligt. Das im Oktober 2000 begonnene und auf sechs Jahre angelegte Projekt wird vom Ministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft in Bonn und der zuständigen Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) gefördert.

Das Projekt ist in drei Phasen angelegt. Im ersten Jahr wurden Gemeinden und Dörfer in Südniedersachsen von dem Vorhaben informiert, mit dem Ziel, bis Ende September 2001 ein geeignetes Dorf zu finden. Ein wesentliches Projektziel ist es dabei, die Einwohner von Anfang in alle Planungen und Entscheidungen einzubeziehen, so dass das zunächst von der Universität angestoßene Projekt letztlich zum Projekt der Dorfbevölkerung wird (Degenhard und Karpenstein-Machan, 2002).

Nach einer Vorauswahl wurden für 4 Dörfer Vorstudien erstellt, deren Ergebnisse zur technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit eine weitere Grundlage für die Auswahl des Bioenergiedorfes darstellte. Im Oktober 2001 wurde das Dorf Jühnde (760 Einwohner) in der Gemeinde Dransfeld in Südniedersachsen als Modelldorf ausgewählt. Im Oktober 2002 wurden die Vorplanungen für die energietechnische, finanzielle und landwirtschaftliche Umsetzung des Projekts in Jühnde abgeschlossen und anschließend Vorverträge mit Wärmekunden und Lieferanten geschlossen.

In der zweiten Phase (3. Projektjahr; 2003/2004) erfolgt die Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung und nach positiver Investitionsentscheidung der Bau der Energieanlagen. Bereits im Jahr 2002 begann die landwirtschaftliche Disziplin mit der Begleitforschung zum umweltfreundlichen Anbau der Energiepflanzen. Die Jahre nach der Implementierung dienen der Untersuchung der Folgen des Umstellungsprozesses auf Landwirtschaft, Ökologie und Lebenskultur im ländlichen Raum.

Biomassepotenziale in Jühnde

Die zehn landwirtschaftlichen Betriebe in Jühnde bewirtschaften eine landwirtschaftliche Fläche von 1300 ha, davon ca. 1000 ha Ackerland. Aus den sechs Betrieben mit Viehhaltung fallen jährlich ca. 8200 m^3 Rindergülle und 1500 m^3 Schweinegülle an. Zur Gemarkung gehören außerdem 800 ha privater Mischwald. Auf dieser Grundlage sind die Voraussetzungen für eine autarke Energieversorgung in Jühnde außerordentlich gut.

Energiebedarf und Technik

Strom soll über eine Biogasanlage erzeugt werden, die in erster Linie mit Gülle und nachwachsenden Rohstoffen betrieben wird. Die gesamte erzeugte Strommenge

* Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung der Universität Göttingen (IZNE), Goldschmidtstr. 1, 37077 Göttingen

wird in das öffentliche Netz eingespeist. Die Nutzwärme der Biogasanlage wird für die Bereitstellung der Grundwärmelast ausgekoppelt und in ein im Dorf zu verlegendes Nahwärmenetz gespeist. Für den zusätzlichen Wärmebedarf im Winter ist ein mit Holzhackschnitzeln betriebenes Heizwerk geplant.

Entsprechend der Jahresdauerlinie in Jühnde zur Deckung des Wärmebedarfs wird die Biogasanlage mit 62 % die Grundlast, die Holzkessel des Heizwerkes den Mittellastbereich und der Spitzenlastkessel die Spitzenlast des Wärmebedarfs im Dorf abdecken.

Biomassebereitstellung

Im naturwissenschaftlichen Teil des Projektes steht die Umsetzung eines nachhaltigen und grundwasserschonenden Anbaus von Energiepflanzen im Vordergrund. Im Rahmen der Begleitforschung werden die Stoff- und Energieflüsse beim Anbau und der Lagerung der Biomasse, bei der Biogasproduktion, bei der Verbrennung des Holzes im Heizwerk und der Rückführung der Rückstände auf die Felder (Biogasgülle, Asche) analysiert.

Rohstoffarten und Mengen

Entsprechend der notwendigen Leistungsauslegung der Energieanlagen werden Rohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft bereitgestellt werden. Alle landwirtschaftlichen Betriebe des Dorfes wollen sich an der Biomassebereitstellung beteiligen. Die sechs viehhaltenden Betriebe im Dorf stellen jährlich die gesamte anfallende Gülle (Rinder- und Schweinegülle) zur Verfügung. Darüber hinaus werden, wenn keine weiteren Kofermente eingesetzt werden, für die Biogasanlage ca. 1800 t Trokkenmasse/a in Form von nachwachsenden Rohstoffen vom Acker benötigt, um das Blockheizkraftwerk zu betreiben, das mit einer Leistung von 500 kW_{el} geplant ist. Diese Biomassen werden auf ca. 130 bis 150 ha Ackerland erzeugt, als Ganzpflanzen geerntet und in Form von Silage an der Anlage auf Siloplatten gelagert werden. Auch an der Erzeugung der Energiepflanzen werden alle Betriebe anteilmäßig beteiligt sein.

Für das Heizwerk sind ca. 500 t Holz/a notwendig (ca. 2500 bis 3000 srm), welches vollständig aus heimischem Waldrestholz gedeckt werden kann.

Konzepte zum Anbau der Energiepflanzen

Die Flächen der zehn landwirtschaftlichen Betriebe liegen zu ca. 95 % im Wasserschutzgebiet III der Gebietszone Tiefenbrunn/Jühnde. Nach einem Bewertungsmaßstab auf Grundlage der Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes sind große Flächenanteile in der Zone III a hinsichtlich des standörtlichen Verlagerungsrisikos als hoch und sehr hoch austragsgefährdet zu bezeichnen. Dementsprechend sind hier besonders hohe Anforderungen an einen umweltfreundlichen Anbau und an ein optimales Nährstoffmanagement zu stellen. Nur einzelne Flächenanteile mit Lössmächtigkeiten von über 1 m können als sehr gering austragsgefährdet eingestuft werden.

Als Möglichkeit zur Senkung von Stickstoffüberschüssen als auch von hohen Herbst-N_{min}-Werten soll in der Gemarkung Jühnde die Zweikulturnutzung für den Anbau von Energiepflanzen zum Einsatz kommen (Scheffer und Stülpnagel, 1993; Karpenstein-Machan, 1997). Im Gegensatz zu herkömmlichen Anbauverfahren zur Nahrungsmittelproduktion wird beim Energiepflanzenbau der gesamte Aufwuchs geerntet und energetisch genutzt. Durch den Anbau von zwei Kulturen pro Jahr werden dem Boden hohe Nährstoffmengen, insbesondere auch noch im Spätsommer entzogen und damit hohe Nitratreste im Herbst vermieden (s. Abbildung 1). Des weiteren steigt

die Flächenproduktivität mit zwei Ernten pro Jahr und demzufolge die insgesamt benötigte Fläche für den Anbau von Energiepflanzen.

Es ist geplant, dass besonders auf den auswaschungsgefährdeten Standorten, wo z.Zt. Wintergetreide und Raps als Körnerfrüchte angebaut werden, in Zukunft vermehrt Winterungen und wenn die Wasserversorgung ausreicht, auch Sommerungen als Energiepflanzen stehen. Auf diesen austragsgefährdeten Standorten sind die Winterungen ertragssicher, so dass durch hohe Nährstoffentzüge eine Entschärfung der gegenwärtigen Nitratproblematik erwartet wird.

Für das Betreiben der Biogasanlage in Jühnde werden Energiepflanzen in der Größenordnung von ca. 1800 t TM/a benötigt, das entspricht einer Silagemenge von ca. 10.000 m^3, die zusammen mit der Gülle in der Biogasanlage vergoren wird. Bei Fruchtfolgen mit alleinigem Energiepflanzenbau müssen hierfür ca. 130 bis 150 ha Ackerland bereitgestellt werden. Auf diesen Flächen soll ein Anbaukonzept nach dem Vorbild des Zweikulturnutzungssystems umgesetzt werden, um zu gewährleisten, dass die nachwachsenden Rohstoffe grundwasserschonend und nachhaltig angebaut werden. Mögliche Energiepflanzen sind die ertragssicheren Winterungen Winterroggen, Wintertriticale, Winterraps und Wintergerste, auf die im Sommer als Zweitkultur Phacelia, Senf, Sonnenblumen, Silomais oder einjährige Gräsermischungen folgen.

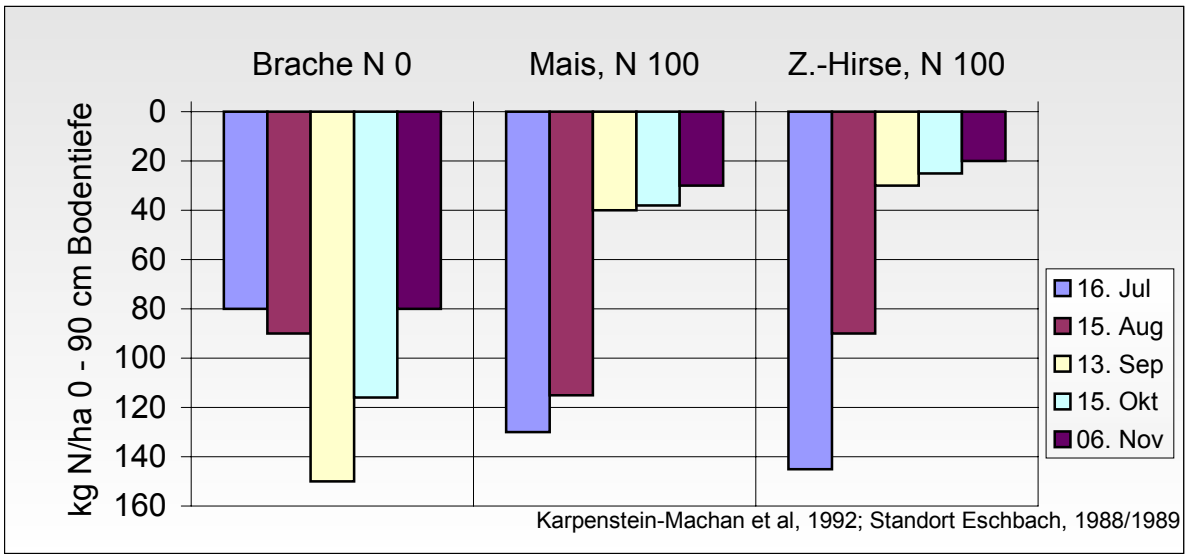


Abb. 1: Verlauf der N_{min}-Gehalte nach Erstkultur Wintergerste unter ungedüngter Brache, unter gedüngtem Mais und gedüngter Zuckerhirse in 0 bis 90 cm Bodentiefe

Ernte und Lagerung der Biomasse

Die Vorteile der Zweikulturnutzung liegen in Bezug auf die Erntelogistik in der Entzerrung der Erntetermine im Vergleich zur Einkulturnutzung. Die Ernte der Winterungen erfolgt im Stadium der Milchreife, in dem Zeitraum Mitte bis Ende Juni, und bei Sommerungen Anfang bis Mitte Oktober. Geerntet wird mit einem Feldhäcksler, der das Erntegut in 5 bis 10 mm lange Pflanzenstücke zerhackt. Anschließend wird das Erntegut zur Vorbereitung des Siliervorganges auf einer Siloplatte verdichtet.

Bei entsprechender Artenvielfalt in der Fruchtfolge werden Arbeitsspitzen gebrochen und darüber hinaus kann das Silagelager entsprechend kleinere Ausmaße annehmen, da durch unterschiedliche Kulturen die Erntetermine variieren und dementsprechend weniger Siloraum vorgehalten werden muss.

Management der Biogasgülle

Durch das Einbringen der nachwachsenden Rohstoffe in die Biogasanlage wird sich das Volumen an vergorenem Substrat (Biogasgülle) und die Nährstofffracht im Vergleich zur derzeit vorhandenen Güllemenge verdoppeln. Gemäß der Schutzverordnung der Wasserbehörden dürfen tierische Wirtschaftsdünger (unter diese Kategorie fällt auch die Biogasgülle) nur in reduzierten Mengen und zu festgelegten Zeiten im Wasserschutzgebiet ausgebracht werden. Die Biogasgülle (ca. 18.000 m^3) ist entsprechend der festgelegten Höchstmengen im Anbaugebiet so zu verteilen, dass die Pflanzen optimal versorgt werden, jedoch keine Bilanzüberschüsse auf den Flächen entstehen. Unter Berücksichtigung der Austragsgefährdungsklassen und den in den einzelnen Klassen zulässigen und vertretbaren Düngergaben wurden die Mengen an vergorenem Substrat zunächst berechnet, die im Anbaugebiet ausgebracht werden können. Allein im Frühjahr könnten über 19.500 m^3 Gärsubstrat ordnungsgemäß verteilt werden. Weitere 3440 m^3 könnten im Herbst zu Raps gedüngt werden. Das Anbaugebiet ist damit groß genug, um eine anfallende Gesamtmenge von ca. 18.000 m^3 Biogasgülle ordnungsgemäß auszubringen. Auch in Bezug auf die anderen Nährstoffe in der Biogasgülle (P_2O_5, K_2O und MgO) wird mit dem Substrat weniger auf die Flächen ausgebracht als die Pflanzen dem Boden mit der Ernte entziehen. Nach der Implementierung der Biogasanlage erfolgen auf der Grundlage von konkreten Messwerten Nährstoff- und Düngungsbilanzen.

Die gesamte Biogasgülle soll mit der Schleppschlauchtechnik ausgebracht werden. Hierfür stehen über den Maschinenring drei Güllelogistikketten mit je einem Transportfass (Vakuumfass 15 m^3) und einem Ausbringfass (10 m^3) zur Verfügung. In der Stunde können ca. 50 m^3 Gülle ausgebracht werden, so dass mit der vorhandenen Ausbringtechnik in 10 bis 15 Tagen die gesamte Biogasgülle ausgebracht werden kann. Aufgrund der schlagkräftigen und nährstoffverlustarmen Gülleausbringtechnik sind hier keine Engpässe in der Nährstoffverteilung zu erwarten. Die nährstoffverlustarme Schlepplauchtechnik lässt eine hohe Pflanzenwirksamkeit der Nährstoffe in der Biogasgülle erwarten. Zu der Thematik „ Wirksamkeit der Biogasgülle im Vergleich zu Gülle und Mineraldünger“ werden Feldversuche angelegt.

Literatur

Degenhardt, L. & Karpenstein-Machan, M. (2002): The Bioenergy village – aspects of agricultural and social feasibility; Online-Veröffentlichung der Zeitschrift „Science“ (http://nextwave.sciencemag.org/cgi/content/full/2002/01/10/2).

Karpenstein-Machan, M. (1997): Perspektiven eines pestizidfreien Anbaus von Energiepflanzen zur thermischen Verwertung im System der Zweikulturnutzung. DLG -Verlags-GmbH, Frankfurt, 1997, 67 Tab., 54 Abb., ISBN -3-7690-0546-5.

Scheffer, K. und Stülpnagel, R. (1993): Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO2-neutralen Energieträgers Biomasse – Grundgedanken zu einem Forschungskonzept. Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49, 147 – 161.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 124–125 (2003)

Bewertung von Ölleingenotypen (*Linum usitatissimum* L.) und unterschiedlicher Bestandesdichten bei einer Nutzung der Fasern als Beiprodukt

H. Rennebaum*, E. Grimm*, K. Warnstorff**, W. Diepenbrock*

Einleitung

Obgleich Öllein bevorzugt zur Gewinnung des Samenöls angebaut wird, ist er auch potentieller Lieferant von Stängelfasern. Deren Qualität wird im Vergleich zu verspinnbaren Flachsfasern als geringwertig angesehen. Sie ist jedoch für Anwendungen außerhalb textiler Verwertungslinien in vielen Fällen hinreichend. Im Folgenden wird die Genotypenwahl und die Gestaltung des Anbauverfahrens im Hinblick auf die Gewinnung der Fasern als Beiprodukt näher untersucht.

Material und Methoden

Zur Identifizierung geeigneter Sorten wurden elf, zur Prüfung pflanzenbaulicher Faktoren zwei Öllein-Genotypen ausgewählt. Probenmaterial zur Untersuchung von Öl- und Fasereigenschaften wurden aus einem dreijährigen Feldversuch am Standort Bonn (Versuchstation Dikopshof) gewonnen. Öl- und Strohertrag wurde anhand geraufter Pflanzen einzelner Parzellen (3,00 x 1,26 m) ermittelt. Die Ölgehaltsbestimmung erfolgte mittels NMR-Analyser (Oxford 4000, Oxford Instruments, Oxon, UK). Morphometrische Messungen, Fasergehaltsbestimmungen sowie die Faserprüfung im Zugversuch wurden an fortlaufend aus 1 m Saatreihe entnommenen Pflanzen durchgeführt. Der Fasergehalt wurde anhand der aus dem technischen Stängel mit Hilfe des Laborflachsbrechers (BLFB Flaksy, Bahmer-Maschinenbau, Steinheim-Söhnstetten) nach zehn Maschinendurchläufen isolierten Faserbündeln bestimmt. Die Länge des technischen Stängels entspricht dem Stängelabschnitt zwischen Cotyledonen-Ansatz und unterster apikaler Verzweigung. Einzelne Faserfilamente wurden zur physikalischen Faserprüfung entnommen. Die Bestimmung von Faserfeinheiten erfolgte gravimetrisch. Faserquerschnitte wurden durch zweiachsige Dickenmessung (ODAC 15XY-J Zumbach Electronic, Orpund, Schweiz) ermittelt. Mechanische Prüfungen erfolgten im Zugversuch mit Hilfe eines Universalprüfstandes (Modell 1446, Zwick AG, Ulm). Die Vorkraft betrug 0,05 N, die Prüfgeschwindigkeit 3 $mm \cdot min^{-1}$. Der Zugversuch fand in konstantem Raumklima (23°C, 50% relative Luftfeuchte) statt.

Genotypen bzw. Anbauvarianten wurden mit Hilfe einer Clusteranalyse (SAS 6.12, SAS Institute, Cary, USA; Teilschritte: STANDARD; FACTOR, Rotationsmethode VARIMAX; FASTCLUS; DISCRIM) ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Als Datenbasis zur Gruppierung von Genotypen dienten die Merkmale Ölertrag (1), Strohertrag (2), Länge des technischen Stängels (3), Fasergehalt des technischen Stängels (4), Faserfeinheit (5) und Zugfestigkeit (5) bei einer Einspannlänge von 2 mm. Hieraus wurden drei Faktoren extrahiert, wobei Faktor A die Merkmale (1) und (5), Faktor B (3) und (5), Faktor C (2) und (3) umfasste. Unter Zugrundelegen der Faktoren zeigte die Clusterung generell starke jahresabhängige Gruppierungen. Für

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Ludwig-Wucherer-Str. 2,
** Arbeitsgruppe Biometrie und Agrarinformatik, Ludwig-Wucherer-Str. 82-85,
Landwirtschaftliche Fakultät, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

keinen der geprüften Genotypen wurde in der Folge von drei Jahren die gleiche Clusterzuordnung beobachtet. Dies bestätigt die auf der Schätzung von Varianzkomponenten getroffenen Feststellung (Rennebaum et al. 2002), dass die hier genannten Merkmale überwiegend jahres- bzw. umweltbedingt sind.

Bei der Bewertung der Clusterzuordnung wurde von folgenden Überlegungen ausgegangen: 1) Das Samenöl des Ölleins ist das Hauptprodukt des Ölleins bei Doppelnutzung, Fasern sind als nachgeordnetes Produkt anzusehen. 2) Alle züchterischen und pflanzenbaulichen Maßnahmen im Sinne einer quantitativ oder/und qualitativ verbesserten Faserproduktion dürfen den Ölertrag nicht beeinträchtigen. 3) Öllein-Sorten ersetzen niemals Flachs. Die Bewertung wurde unter Zugrundelegen einer Punkteskala (rating points; rp) vorgenommen, wobei z.B. die Zuordnung zu einem Cluster mit hohem Faktor A als positiv (rp = +1 oder +2), mit geringem Faktor A als negativ (rp = -1) angesehen wurde. Die Summe der Bewertungspunkte aus drei Jahren ergab in der Gruppe der geprüften elf Sorten drei sehr gut, fünf für die Doppelnutzung bedingt geeignete Genotypen. Drei Sorten waren ungeeignet (Rennebaum et al. 2002). Das vorgeschlagene Verfahren ermöglicht eine objektive Bewertung von Ölleinsorten im Hinblick auf ihre Eignung zur Fasergewinnung.

Ein analoges Vorgehen bei der Bewertung pflanzenbaulicher Parameter ist sinnvoll. Es führt zu der Schlussfolgerung, dass Bestandesdichten bei Doppelnutzung gegenüber der empfohlenen Praxis (400 $kK \cdot m^2$; Diepenbrock et al. 1992, Casa et al 1999) erhöht werden können, solang dies nicht mit Beeinträchtigungen im Ölertrages einhergeht.

Sortenwahl- und Anbauverfahren für eine Doppelnutzung des Ölleins sind entsprechend der vorliegenden Bewertungsverfahren optimierbar. In der Praxis bislang ungelöst ist jedoch der Einsatz geeigneter Erntetechnik bzw. –verfahren zur qualitätswahrenden Gewinnung der Koppelprodukte Öl- und Faser.

Literatur

Diepenbrock, W., Pörksen, N., 1992. Phenotypic plasticity in growth and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.) in response to spacing and N-nutrition. J. Agron. Crop Sci. 169, 46-60.

Casa, R., Russell, G., Lo Cascio, B., Rossini, F., 1999. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. Eur. J. Agron. 11, 267-278.

Rennebaum, H., Grimm, E., Diepenbrock, W., 2002: Fibre quality of linseed (*Linum usitatissimum* L.) and the assessment of genotypes for the use of fibres as a by-product. Ind. Crops Prod. 16, 201-215.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 126–129 (2003)

Veränderungen morphologischer Merkmale und der Faserqualität während des Wachstums von Faserhanf (*Cannabis sativa* L.)

V. Naumenko, E. Grimm, H. Rennebaum, W. Diepenbrock*

Einleitung

Die Art der industriellen Verwertung von Hanffasern hängt von deren Qualität ab. Hanfbestände sind inhomogen, wovon auch die Faserbildung betroffen sein kann. Kenntnisse über den Zusammenhang von Faserqualität, anatomischen Merkmalen und dem äußeren Erscheinungsbild der Pflanzen liegen bisher nicht vor. Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist es daher, das Wachstumsverhalten und Veränderungen von Fasereigenschaften während der Reifeperiode des Hanfs zu verfolgen. Analysen der Fasereigenschaften geben Aufschluss über den Zeitpunkt einer optimalen Faserreife, deren Erkennung anhand äußerer Merkmale möglich sein soll.

Material und Methoden

Das Untersuchungsmaterial stammte aus einem Feldversuch mit drei Hanfsorten (*Cannabis sativa* L. cv. Uso 31, cv. Kompolti, cv. Fasamo) am Standort Leipzig-Seehausen in den Jahren 2001 und 2002. Die Aussaatstärke betrug 450 kK·m^{-2} für die Sorten Uso 31 und Kompolti, währenddessen Fasamo mit 250 kK·m^{-2} ausgedrillt wurde. Die Probenahme erfolgte an fünf verschiedenen Probenahmestellen aus einer Großparzelle von jeweils ca. 0,4 ha. Es wurden Pflanzen aus 4x1 m fortlaufender Saatreihe zur Analyse entnommen. Die Beprobung erfolgte an fünf Terminen. Die Pflanzen wurden den Fraktionen habituell weibliche (OHW), männliche (OHM) und vegetative (OHX) Oberhanfpflanzen sowie Unterhanfpflanzen (UH) zugeordnet. Zum Oberhanf gehörten alle Pflanzen, die mindestens zwei Drittel der Bestandeshöhe erreichten. Kleinere Pflanzen wurden dem Unterhanf zugeordnet.

Anhand frisch aus dem Bestand entnommener Proben erfolgten Bonituren zum Entwicklungszustand der Pflanzen. Dabei wurden Charakteristika wie Stängel- und Blattfärbung, Grad der Entblätterung und Zustand der Blüte erfasst. Parallel dazu erfolgten Messungen der Stängellänge, -dicke und die Berechnung von Stängelvolumina.

Die Isolierung der Hanffasern erfolgte mit Hilfe eines Laborflachsbrechers (BLFB Flaksy, Bahmer-Maschinenbau, Steinheim-Söhnstetten). Nach zehn Maschinendurchläufen wurden einzelne Faserfilamente zur Prüfung entnommen. Feinheiten wurden gravimetrisch, Faserquerschnitte durch zweiachsige Dickenmessung (ODAC 15XY-J Zumbach Electronic, Orpund, Schweiz) ermittelt. Mechanische Prüfungen erfolgten im Zugversuch mit Hilfe eines Universalprüfstandes (Modell 1446, Zwick AG, Ulm). Die Vorkraft betrug 0,05 N, die Prüfgeschwindigkeit 3 mm·min^{-1}. Der Zugversuch fand in konstantem Raumklima (23°C, 50% relative Luftfeuchte) statt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Trockenmasseertrag oberirdischer Biomasse zeigte eine deutliche Sorten- und Jahresabhängigkeit: 2001 betrug er für die Sorte Uso 31 12,1 t·ha^{-1} und ging im folgenden Jahr auf 9,6 t·ha^{-1} zurück. Die Oberhanffraktion wurde überwiegend aus habituell weiblichen Pflanzen gebildet. Dies ist für eine einhäusige Sorte typisch. Im

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Fakultät,
Institut für Acker und Pflanzenbau, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06099 Halle(Saale)

zweiten Versuchsjahr waren jedoch männliche und Unterhanfpflanzen bis zu einem Anteil von je 10,0% festzustellen. Die Bestände der zweihäusigen Sorte Kompolti erbrachten 2001 13,5 t·ha^{-1} Trockenmasseertrag und 12,6 t·ha^{-1} 2002. Sie setzten sich zu 48,0% aus weiblichen und 38,6% männlichen Oberhanf- sowie 4,8-11,1% Unterhanfpflanzen zusammen. Für die Samenhanfsorte Fasamo wurden Erträge von 10,5 t·ha^{-1} (2001) und 10,0 t·ha^{-1} (2002) ermittelt. Die Bestände wurden fast ausschließlich aus einhäusigen Pflanzen gebildet mit einem geringen Unterhanfanteil (3,0%). Letzteres ist auf eine verringerte Aussaatstärke zurückzuführen.

Die Beobachtungen des Entwicklungszustandes der Hanfpflanzen begannen im späten vegetativen Stadium und reichten bis zur vollständigen Reife. Durch Seneszenz verlieren Hanfpflanzen kontinuierlich Blätter. Dies wird aus den Entwicklungsbonituren ersichtlich (Abb. 1a), wobei dieses Merkmal in frühen Stadien der Reifung sichere Abstufungen liefert. An den drei ersten Probenahmeterminen (ca. 70-120 d nach der Aussaat) stieg bei der Sorte Uso 31 der Anteil des entblätterten Stängels von 65% über 75% auf 85% an. Ähnliche Tendenzen waren auch bei den Sorten Kompolti und Fasamo festzustellen. In späteren Entwicklungsphasen (3.-5. Probenahmetermin) waren diese Veränderungen schwächer und bewegten sich nur noch in einer Größenordnung von 10%. Geht man davon aus, dass die Stängelfärbungen grün/gelbgrün und gelb/braun deutlich zu unterscheiden sind, zeigen die vorliegenden Daten (Abb. 1b) erst in späteren Entwicklungsphasen (>130 d nach der Aussaat) deutliche Abstufungen. Dies gilt für die Hauptfraktionen der Bestände, d.h. einhäusige oder weibliche Pflanzen. Männliche Pflanzen hingegen reiften früher ab, was sich in den Boniturwerten für die männlichen Fraktionen zeigte (nicht dargestellt).

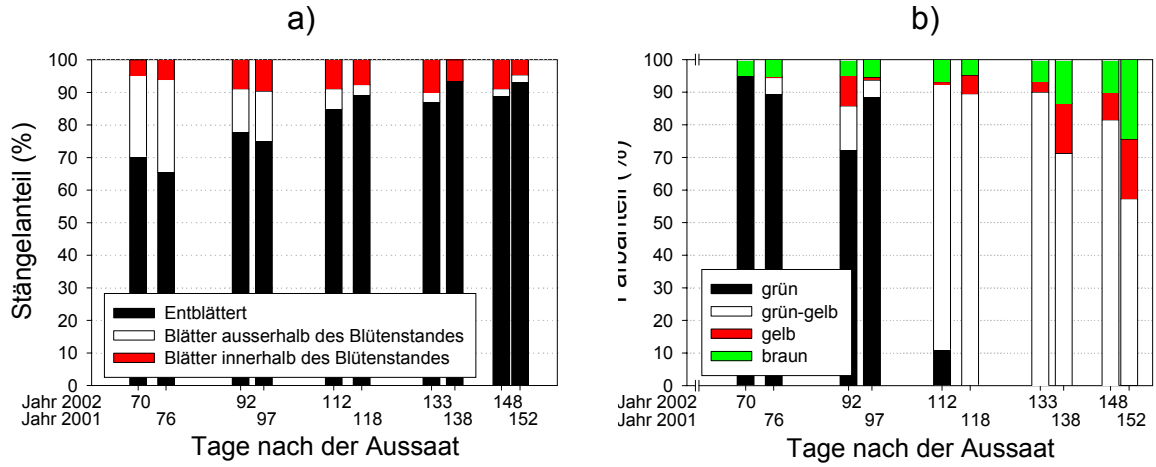


Abb. 1: Äußere Pflanzenmerkmale habituell weiblicher Oberhanfpflanzen der Sorte Uso 31. a) Blattbesatz; b) Stängelfärbung.

Die bisher vorgestellten Analysen zeigen, dass für frühe Reifestadien das Merkmal Blattbesatz des Stängels, in mittleren Stadien der Entwicklungszustand der Blüten und in späten Stadien die Verfärbung des Stängels als Indikatoren dienen können.

Legt man die Merkmale (oberirdische) Pflanzenlänge, Stängellänge und –volumen zugrunde, so scheint das Stängelwachstum spätestens nach dem dritten Probenahmetermin eingestellt worden zu sein (Abb. 2). Eine Ausnahme bildete die Sorte Uso 31 im ersten Versuchsjahr: In diesem Fall wurde eine signifikante Zunahme der Pflanzenlänge bis in das Nacherntestadium, d.h. 152 d nach der Aussaat, gemessen. Die Daten zeigen, dass das Stängelvolumen bis zu Beginn der Samenreife zunimmt und danach stagniert.

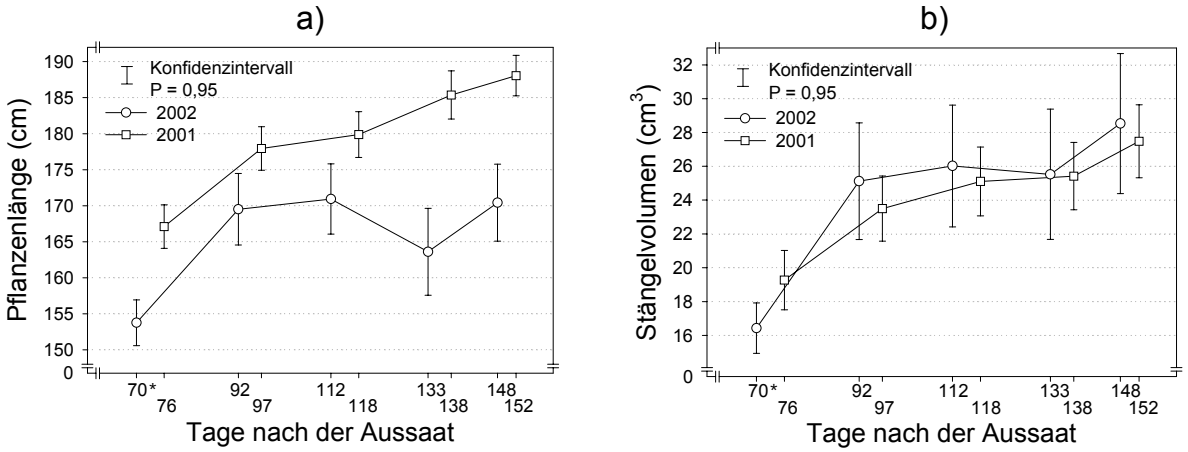


Abb. 2: Morphologische Daten der habituell weiblicher bzw. vegetativer (*) Oberhanfpflanzen der Sorte Uso 31. a) Pflanzenlänge; b) Stängelvolumen.

Die Faserfeinheit ist eine wesentliche Eigenschaft, von der nach bisherigen Erkenntnissen die weitere Verarbeitbarkeit abhängt. Die Werte in Abb. 3 lassen den Schluss zu, dass dieses Merkmal einer Optimumskurve folgt. Auffälligerweise lagen jeweils zum dritten Termin die höchsten Feinheitswerte, d.h. die gröbsten Fasern vor.

Eine Optimumskurve kann unter der Annahme folgender Umstände erwartet werden: In frühen Entwicklungsstadien liegen klein dimensionierte Faserbündel vor, deren natürliche Bruchzonen durch die Markstrahlen vorgegeben sind. Mit fortschreitender Entwicklung der Pflanze vergrößern sich die Faserbündel. In späten Entwicklungsstadien scheinen die Faserbündel bereits in sich gelockert und somit für eine mechanische Isolierung leichter angreifbar zu sein. Sie brechen auch zwischen den Faserzellen auf. Hierbei entstehen feine Filamente. Bedeutendere Unterschiede kommen zwischen den Anbaujahren zustande: So lag die Feinheit für die mittleren Termine der Probenahme 2002 im Vergleich zu Fasern von 2001 etwa 3 tex niedriger. Dieser Unterschied wird prinzipiell auch durch Dickenmessungen und Querschnittsberechnungen, für sämtliche Proben und Termine bestätigt (nicht dargestellt).

Als Bezugsgröße für Höchstzugkräfte hat die Feinheit wesentlichen Einfluss auf die berechneten Zugfestigkeiten. Im Test mit kurzer Einspannlänge (2 mm) wird bevorzugt die Aufnahme von Belastungen in alle Zellwandschichten der Faserzelle ermittelt. Im ersten Anbaujahr war die maximale Zugfestigkeit der Fasern am vierten Termin, im zweiten Anbaujahr zum dritten Termin erreicht (Abb. 3).

Der Abfall der Zugfestigkeiten zu Ende der Vegetationszeit im Jahre 2002 ist nicht signifikant. Für die Testung der Belastbarkeit der das Faserbündel zusammenhaltenden Mittellamellen, die bei langer Einspannlänge (50 mm) durchgeführt wird, ergab sich ein ähnliches Bild (nicht dargestellt). Die Steifigkeit der Fasern nahm 2002 bis zum vierten Termin der Probenahme deutlich zu (nicht dargestellt). Dies steht möglicherweise im Zusammenhang mit einer fortschreitenden Lignifizierung, die hier aber nicht näher untersucht wurde.

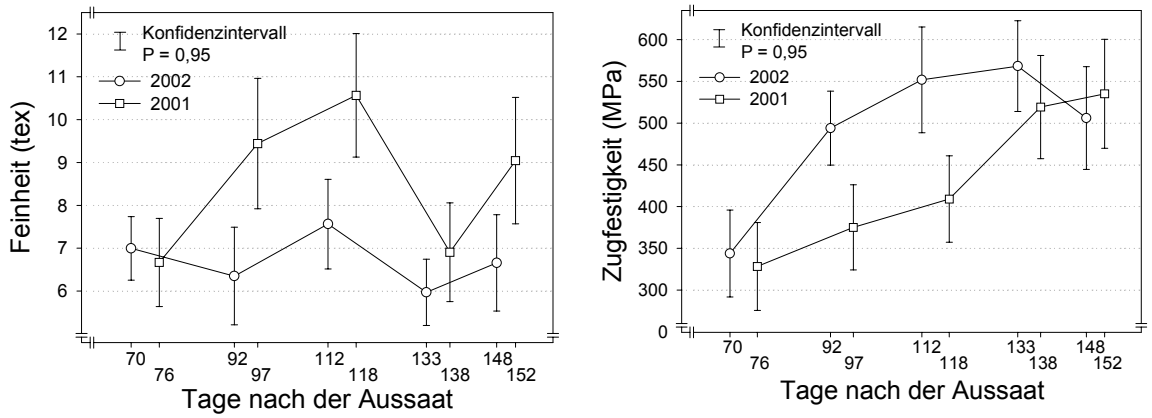


Abb. 3: Feinheit und Zugfestigkeit (2 mm Einspannlänge) von Fasern habituell weiblicher Oberhanfpflanzen der Sorte Uso 31.

Sieht man die Faserreife aufgrund der Zugfestigkeiten im Jahr 2001 nach 138 d, im Jahre 2002 nach 112 d als erreicht an, dann ist dies mit folgenden äußeren Merkmalen verbunden: Die einhäusigen Oberhanfpflanzen sind mindestens zu 90% abgeblüht und bis zu 50% samenreif. Die Entblätterung des Stängels liegt bei 85% und darüber. Der Stängel selbst ist noch zu 70–90% grün/gelbgrün und zu 10–30% gelb/braun.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 130–133 (2003)

Mehrjährige Ergebnisse zur photobiologischen Unkrautkontrolle im Organischen Landbau

P. Juroszek, S. Drews, D. Neuhoff und U. Köpke *

Einleitung

Die photobiologische Unkrautkontrolle zielt darauf, die lichtabhängige Keimung von Unkrautsamen durch Bodenbearbeitung unter Lichtausschluß zu hemmen, um die Ausgangspopulation der im Kulturpflanzenbestand auflaufenden Samenunkräuter zu reduzieren (Hartmann und Nezadal 1990).

Im Boden vergrabene Samen können mit Hilfe von Phytochrom A über den *Very Low Fluence Respond* (VLFR) Zustand sehr kurze Lichtreize registrieren und auf diese Weise schon durch die Bodenbearbeitung zur Keimung angeregt werden (Casal und Sánchez 1998). In zahlreichen Versuchen konnte die Ausgangsverunkrautung durch Nachtbodenbearbeitung im Vergleich zur Tagbodenbearbeitung signifikant verringert werden (Hartmann und Nezadal 1990, Ascard 1994, Scopel et al. 1994, Gerhards et al. 1998). Es wird allerdings auch über Experimente berichtet, bei denen die Nachtbodenbearbeitung nicht zu einer Verminderung der auflaufenden Unkräuter führte (Niemann 1996, Botto et al. 1998). Vermutlich wurde in diesen Versuchen die Wirkung des Lichtes als Schlüsselreiz für die Keimung von anderen Faktoren (z.B. Bodenfeuchtigkeit und -temperatur, Intensität der Bodenbearbeitung) überlagert.

Im November 2000 wurden in Hennef bei Bonn zwei Langzeitversuche angelegt (Versuchsdauer jeweils mindestens drei Jahre), um den Einfluß des Bodenbearbeitungstermines auf den Wirkungsgrad der photobiologischen Unkrautkontrolle zu untersuchen. Arbeitshypothese war, daß der Effekt der Nachtbodenbearbeitung maßgeblich vom Dormanzzyklus der Unkrautsamen sowie von jahreszeitlichen und kurzfristigen Änderungen der Lichtsensitivität der Samen im Boden abhängig ist. In diesem Beitrag können nur ausgewählte Ergebnisse vom '*Dormanzversuch A*' vorgestellt werden, um eine ausführliche Diskussion zu ermöglichen.

Material und Methoden

Standort des Langzeitversuches *'Dormanzversuch A*' war der Lehr- und Versuchsbetrieb für Organischen Landbau 'Wiesengut' in Hennef bei Bonn. Die mittlere jährliche Temperatur beträgt etwa 9,5°C, der mittlere jährliche Niederschlag liegt zwischen 700-750 mm. Bodentyp war ein sandiger bis schluffiger Lehm. Die Versuchsfläche wurde in drei gleich große Sektionen aufgeteilt (Sektion 1, 2, 3). Jede Sektion (jeweils 10 m x 24 m) bestand aus sechzehn Parzellen (jeweils 2,5 m x 6 m), von denen jeweils acht bei Tag und acht bei Nacht bearbeitet wurden (jeweils einfaktorielle Blockanlage mit acht Wiederholungen). Ziel der Versuchsanordnung war, die Bodenbearbeitung in jeder Sektion mehrmals im Jahr in den selben Parzellen durchzuführen, um jahreszeitliche und kurzfristige Effekte der Nachtbodenbearbeitung zu erforschen. In diesen Versuchen wurde ausschließlich eine Kreiselegge (mit Nachläufer Sternwalze) eingesetzt, die den Boden etwa 10 cm tief bearbeitete. Die Fahrtgeschwindigkeit betrug etwa 2-3 km h^{-1}.

* Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 3, 53115 Bonn

Während der Nachtbodenbearbeitung war die Lichtintensität stets geringer als die Meßempfindlichkeit des Lichtsensors von 0,01 µmol m^{-2} s^{-1} PAR (Quantenmeßgerät LICOR LI 1000). Am Tag der Bodenbearbeitung wurden die Lichtintensität, Bodenfeuchte und Bodentemperatur gemessen. Weiterhin wurden die Bodentemperatur sowie die Niederschläge täglich erfaßt (Daten nicht dargestellt). Mehrere Wochen nach der Versuchsdurchführung wurde die Anzahl gekeimter, aufgelaufener Pflanzen der dominanten Unkrautarten mit dem Göttinger Zählrahmen (0,1 m^{-2} Fläche) an vier Stellen je Parzelle ermittelt. Die Daten der Unkrautdichte wurden mit dem parameterfreien Wilcoxon-Test (α=0,05) ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Im '*Dormanzversuch A*' wurden von November 2000 bis November 2002 insgesamt 19 Bodenbearbeitungstermine durchgeführt. In sieben der 19 Bearbeitungstermine war die Unkrautdichte in den bei Nacht bearbeiteten Parzellen geringer als nach Tagbodenbearbeitung (drei Fälle signifikant), während in 12 Terminen die Unkrautdichte in den bei Nacht bearbeiteten Parzellen höher war (vier Fälle signifikant). Zur besseren Übersicht sind in Tab.1 nur die Termine der Sektion 2 dargestellt. In Sektion 2 wurde vor allem die Unkrautdichte von *Aphanes arvensis* durch Nachtbodenbearbeitung signifikant reduziert, während *Chenopodium album*, *Stellaria media* und verschiedene Gräser (vor allem *Apera spica-venti)* indifferent auf den Lichtentzug reagierten (Tab.1). Die Dichte von *Galinsoga ciliata* wurde durch Nachtbodenbearbeitung einmal signifikant gefördert. In den nicht dargestellten Sektionen war das Keimungs- und Auflaufverhalten dieser Arten ähnlich.

Tab. 1: Mittlere Unkrautdichte (Pflanzen m^{-2}) nach Tag- und Nachtbodenbearbeitung mit einer Kreiselegge (n=8), sowie Reaktion der dominanten Arten auf die Nachtbodenbearbeitung, '*Dormanzversuch A*', Sektion 2, Februar 2001 bis Oktober 2002

Bodenbearbeitung	Unkrautzählung	Gesamtunkrautdichte Tag (T)	Nacht (N)	N vs. T	Dominante Arten
		Pflanzen m^{-2}	Pflanzen m^{-2}	(%)	
01.02.01	14.03.01	312	226	-27,6*	APHAR* (68%[2)]), Gräser* (9%)
10.05.01	15.06.01	180	203	+12,8	CHEAL[1)] (50%), LAMPU (12%)
11.10.01	02.11.01	1110	1372	+22,6*	APHAR (44%), STEME* (18%)
27.03.02	13.05.02	1721	2124	+23,4*	Gräser (43%), CHEAL (23%)
16.05.02	11.06.02	291	318	+9,3	CHEAL[3)] (65%), GALCI* (9%)
01.10.02	28.10.02	1061	860	-18,9*	APHAR* (43%), STEME (21%)

[1)] Codesystem Firma BAYER (EPPO), [2)] Prozentanteil an Gesamtverunkrautung, [3)] Unkrautdichte der fettgedruckten Arten durch Nachtbodenbearbeitung im Vergleich zur Tagbodenbearbeitung reduziert, Ergebnisse mit * markiert sind signifikant (Wilcoxon-Test, α=0,05)

Der maximale Wirkungsgrad der Nachtbodenbearbeitung bezogen auf die Reduktion der Gesamtunkrautdichte (Tab. 1) wurde in Sektion 2 nach Bodenbearbeitung im Februar 2001 ermittelt (-27,6 %, signifikant). In den selben Parzellen liefen dagegen nach Bodenbearbeitung im Oktober 2001 mehr Unkräuter in den bei Nacht bearbeiteten Parzellen auf (+22,6 %, signifikant). Ein Jahr später, wiederum in den selben Parzellen, liefen nach Nachtbodenbearbeitung im Oktober 2002 weniger Unkräuter auf, als in den tagsüber bearbeiteten Parzellen (-18,9 %, signifikant). Die Artenzusammensetzung war nach Bodenbearbeitung im Oktober 2001 und Oktober 2002

etwa gleich (Tab.1, nur Daten von *Aphanes arvensis* und *Stellaria media* dargestellt). Die Ergebnisse der Sektion 2 deuten demnach darauf hin, daß sich vermutlich kurzfristige Änderungen der Lichtsensitivität der Samen der selben Unkrautart stärker auf den Wirkungsgrad der photobiologischen Unkrautkontrolle auswirken als jahreszeitliche Änderungen.

In der Literatur herrscht Übereinstimmung, daß die Artenzusammensetzung den Wirkungsgrad photobiologischer Unkrautkontrollmaßnahmen maßgeblich beeinflußt, da sich die Lichtsensitivität der Unkrautarten unterscheidet (Ascard 1994, Scopel et al. 1994, Juroszek et al. 2002a). Die Lichtsensitivität der Unkrautarten hängt u.a. von der Samengröße ab (Ascard 1994, Buhler 1997). Ascard (1994) berichtete, daß in seinen Feldversuchen die kleinsamigen Unkrautarten tendenziell stärker auf den Lichtreiz reagierten und demnach durch Nachtbodenbearbeitung stärker zurückgedrängt werden konnten, als großsamige Arten. In seinen Feldversuchen konnte die Unkrautdichte von *Stellaria media* durch Nachtbodenbearbeitung signifikant reduziert werden, während in den vorliegenden Versuchen *Stellaria media* indifferent auf den Lichtentzug reagierte. Für diese Diskrepanz der Ergebnisse kommen u.a. Populationsunterschiede (Christal et al. 1998) von *Stellaria media*, oder auch kurzfristige Änderungen der Lichtsensitivität (Noronha et al. 1997, Hartmann und Mollwo 2000, siehe unten) in Betracht.

Zahlreiche Autoren stellten in Laborversuchen Wechselwirkungen zwischen der lichtinduzierten Keimung und den Umweltfaktoren Temperatur, Wasserspannung und Nitratgehalt fest (u.a. Vincent und Roberts 1977). Bis heute ist jedoch nicht geklärt, welche Umweltfaktoren bzw. Faktorkombinationen die Lichtsensitivität der Samen unter Feldbedingungen im Boden maßgeblich beeinflussen. Zudem ist unklar, wann die Umweltfaktoren bzw. deren Interaktionen die lichtabhängige Keimung über den *Very Low Fluence Respond* Zustand induzieren. Beispielsweise stellten Botto et al. (2000) fest, daß der Wirkungsgrad der Nachtbodenbearbeitung reduziert wurde, wenn nach der Bodenbearbeitung sechs Tage lang trockene Witterungsbedingungen vorherrschten. Andererseits kann auch eine sehr geringe Bodenfeuchte am Tage der Bodenbearbeitung den Wirkungsgrad der Nachtbodenbearbeitung reduzieren, da das Phytochrom in den Samen ausreichend gequollen sein muß, um den Lichtreiz wahrnehmen und umsetzen zu können (Gerhards et al. 1998).

Zudem beeinflußt offensichtlich die Eingriffsintensität der Bodenbearbeitung die Lichtsensitivität der Samen im Boden (Jensen 1995). Bei Gerhards (1993) war der Effekt der Nachtbodenbearbeitung auf die Unkrautdichte nach dem Fräsen geringer als nach dem Pflügen. Auch in Versuchen von Scopel et al. (1994) und Botto et al. (1998) traten vor allem dann Unterschiede zwischen der Tag- und Nachtbodenbearbeitung auf, wenn die Bodenbearbeitung mit dem Pflug durchgeführt wurde. Botto et al. (1998) sind der Ansicht, daß in ihren Versuchen der Grubber im Gegensatz zum Pflug spezielle, nicht näher bekannte Veränderungen des Mikroklimas im Boden bewirkte, die die Keimung generell angeregt haben. Dadurch wurde vermutlich Licht als Schlüsselreiz für die Keimung entbehrlich, so daß keine Unterschiede zwischen Tag- und Nachtbodenbearbeitung auftraten. Auch in dieser Feldstudie kann die pfluglose Bodenbearbeitung mit der Kreiselegge dazu geführt haben, daß in nur drei Bodenbearbeitungsterminen die Gesamtunkrautdichte durch Nachtbodenbearbeitung signifikant reduziert werden konnte.

Erschwerend kommt hinzu, daß sich die Lichtsensitivität der selben Unkrautart verändern kann. Mehrere Feldversuchsergebnisse belegen, daß der Wirkungsgrad der photobiologischen Unkrautkontrolle bei der selben Art im Jahresverlauf beträchtlich variieren kann (Fogelberg 1999, Juroszek et al. 2002b). Darüberhinaus kommen No-

ronha et al. (1997) sowie Hartmann und Mollwo (2000) mit Hilfe von Laboruntersuchungen zu dem Ergebnis, daß die Lichtsensitivität der Samen nicht nur im Jahresverlauf, sondern sogar binnen weniger Tage in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen modifiziert wird. Diese im Labor ermittelten Ergebnisse werden mit der hier vorliegenden Feldstudie bestätigt. Der angestrebte praxistaugliche Einsatz von Modellen, mit denen die Ausprägung der lichtsensitiven Samenkeimung abgeschätzt werden soll, wird demnach nicht zuletzt davon abhängen, ob kurzfristige Änderungen der Lichtsensitivität von Unkrautsamen im Boden prognostizierbar sind (Hartmann und Mollwo 2000, Juroszek et al. 2002b).

Literatur

Ascard J., 1994: Soil cultivation in darkness reduced weed emergence. Acta Horticulturae 372: 167-177.

Botto J.F., Ballaré C.L., Scopel A.L., Sánchez R.A., 1998: The effect of light during and after soil cultivation with different tillage implements on weed seedling emergence. Weed Science 46: 351-357.

Botto J.F., Scopel A.L., Sánchez R.A., 2000: Water constraints on the photoinduction of weed seed germination during tillage. Australian Journal of Plant Physiology 27, 463-471.

Buhler D.D., 1997: Effects of tillage and light environment on emergence of 13 annual weeds. Weed Technology 11: 496-501.

Casal J.J., Sánchez R.A., 1998: Phytochromes and seed germination. Seed Science Research 8: 317-329.

Christal A., Davies D.H.K., Van Gardingen P.R., 1998: The germination ecology of *Chenopodium album* populations. Aspects of Applied Biology 51, Weed Seedbanks: Determination, Dynamics and Manipulation, pp. 127-134.

Fogelberg F., 1999. Night-time soil cultivation and intra-row brush weeding for weed control in carrots (*Daucus carota* L.). Biological Agriculture and Horticulture 17: 31-45.

Gerhards R., 1993: Alternative Verfahren der Unkrautkontrolle in Wintergetreide mit Hilfe digitaler Bildverarbeitung. Diss. agr., Universität Bonn.

Gerhards R., Juroszek P., Klümper H., Kühbauch W., 1998: Möglichkeiten zur photobiologischen Unkrautregulierung auf Ackerschlägen. Pflanzenbauwissenschaften 2: 91-95.

Hartmann K.M., Nezadal W., 1990: Photocontrol of weeds without herbicides. Naturwissenschaften 77: 158-163.

Hartmann K.M., Mollwo A., 2000: Photocontrol of germination: Sensitivity shift over eight decades within one week. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVII: 125-131.

Jensen P.K., 1995. Effect of light environment during soil disturbance on germination and emergence pattern of weeds. Annals of Applied Botany 127: 561-571.

Juroszek P., Gerhards R., Kühbauch W., 2002a: Photobiologische Unkrautregulierung annueller Ackerunkräuter. Journal of Agronomy & Crop Science 188: 389-397.

Juroszek P., Drews S., Neuhoff D., Köpke U., 2002b: Seasonal changes in light sensitivity of seed germination influence the efficacy of photocontrol weeds. Proceedings European Weed Research Society 12, pp. 352-353.

Niemann P., 1996: Unkrautbekämpfung durch Lichtausschluß während der Bodenbearbeitung. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XV: 315-324.

Noronha A., Andersson L., Milberg P., 1997: Rate of change in dormancy level and light requirement in weed seeds during stratification. Annals of Botany 80: 795-801.

Scopel A.L., Ballaré C.L., Radosevich S.R. 1994: Photostimulation of seed germination during soil tillage. New Phytologist 126: 145-152.

Vincent E.M., Roberts E.H., 1977: The interaction of light, nitrate and alternating temperature in promoting the germination of dormant seeds of common weed species. Seed Science and Technology 5: 659-670.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 134–135 (2003)

Möglichkeiten und Grenzen neuer Anbausysteme durch den Einsatz von glyphosatresistenten Zuckerrüben

Jan Petersen*

Einleitung

Mulchsaaten von Zuckerrüben haben in den letzten Jahren eine wachsende Bedeutung erlangt [1]. Ziele dieser recht unterschiedlichen Verfahren können verschiedener Natur sein. Biologische Bekämpfung von *Heterodera schachtii* durch Anbau von resistenten Ölrettich- oder Senfsorten, Vermeidung von Nährstoffverlagerung, Bodenschadverdichtung oder Bodenerosion sowie Kostenreduktion durch geringere Bodenbearbeitungsintensität sind Hauptmotive zur Anwendung dieser Verfahren [2]. Neben den Strohmulchverfahren ohne Anbau einer Zwischenfrucht werden im wesentlichen nicht-winterharte Zwischenfrüchte eingesetzt. Als Vorteil dieser Zwischenfrüchte ist zu bewerten, dass bei ausreichender Frosteinwirkung im Winter eine Konkurrenzeinwirkung auf die Zuckerrüben durch die Zwischenfrüchte ausgeschlossen ist. Nachteile können jedoch in einer zu frühen Mineralisierung des durch die Zwischenfrüchte gebundenen Stickstoffes, einem reduzierten Erosionsschutz und bei der nicht ausreichenden Unterdrückung des Unkrautes liegen. Gerade der letzte Punkt führt dazu, dass ein Großteil der Mulchsaatflächen vor dem Auflaufen der Zukkerrüben mit einem nicht-selektiven Herbizid behandelt wird. Die Maßnahme zur Bekämpfung der Altverunkrautung erfolgt i.d.R. zusätzlich zur Unkrautbekämpfung nach Auflauf der Zuckerrüben. Glyphosatresistente Zuckerrüben bieten prinzipiell die Möglichkeit die Unkrautbekämpfung in Mulchsaaten zu vereinfachen [3].

In einem dreijährigen Versuchsvorhaben wurden an zwei Standorten glyphosatresistente Zuckerrüben in verschiedenen Verfahren angebaut. Ziel der Untersuchungen war es zu prüfen, ob und ggf. wie die Altverunkrautung in Mulchsaaten auch nach dem Auflauf der Zuckerrüben reguliert werden kann. Ferner wurde untersucht, ob durch die Integration von winterharten Zwischenfrüchten eine ausdauerndere Unkrautunterdrückung erzielt werden kann und wann die winterharten Zwischenfrüchte aus dem Zuckerrübenbestand entfernt werden müssen, um Einbussen in Ertrag und Qualität zu vermeiden.

Material und Methoden

In einer zweifaktoriellen Spaltanlage mit vier Wiederholungen wurden in den Jahren 2001 bis 2003 an zwei Standorten bei Göttingen Zuckerrüben in 4 verschiedenen Verfahren angebaut. Neben einem Strohmulchverfahren ohne Zwischenfrucht und ohne wendende Bodenbearbeitung und einem konventionellen Verfahren (d.h. Winterfurche ohne Zwischenfrucht) wurde nach Sommerfurche eine nicht-winterharte Zwischenfrucht (Gelbsenf oder Ölrettich) und eine winterharte Zwischenfrucht (Winterroggen oder Winterraps) angebaut. Nach Abschlegeln der Zwischenfrüchte vor der Zuckerrübenaussaat erfolgte eine ganzfläche Saatbettbereitung. In den Jahren 2002 und 2003 wurde in den Varianten mit Zwischenfrucht der zusätzliche Faktor Saatbettbereitung variiert. Neben der ganzflächigen Saatbettbereitung erfolgte eine Streifenfrässaat mit einer Fräsbreite von 15 cm. Als zweiter Faktor wurde die Unkrautregulierung variiert. Neben einer unbehandelten, einer ständig mit der Hand un-

* Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

krautfrei gehaltenen Kontrolle und einem konventionellen Verfahren (d.h. Glyphosateinsatz vor der Saat und selektive Zuckerrübenherbizide im Nachauflaufverfahren) wurden verschiedene Einsatztermine und Aufwandmengen von Glyphosat variiert. Zur Aussaat der Zwischenfrüchte wurde die gesamte Versuchsfläche mit 50 kg/ha N gedüngt. Nach der Zuckerrübensaat erfolgte eine N-Düngung auf 160 kg/ha N unter Einbeziehung des N_{min}-Wertes in Abhängigkeit der Verfahren. Die Auflaufdynamik der Unkräuter, der Feldaufgang der Zuckerrüben, die Wirksamkeit der Unkrautregulierungsverfahren und der Einfluss der Faktoren auf Ertrag und Qualität der Zuckerrüben wurden untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Auflaufdynamik der Unkräuter wurde stark durch die verschiedenen Verfahren beinflusst. Jedoch waren Unterschiede zwischen Jahren innerhalb eines Verfahren mindestens genauso groß wie zwischen verschiedenen Varianten innerhalb eines Versuches. Der Auflauf der Zuckerrüben wurde ebenfalls durch die verschiedenen Verfahren beeinflusst. Am niedrigsten war der Feldaufgang in den Verfahren mit winterharter Zwischenfrucht. Es wurde aber in allen Varianten eine ausreichend gute Bestandesdichten erzielt. Die Saatbettbereitung hatte keinen großen Einfluss auf den Feldaufgang. Die eingesetzten Unkrautregulierungsverfahren führten in allen Fällen zu ausreichend guter Wirkung. Lediglich das konventionelle Verfahren und die einmalige Anwendung von Glyphosat führten zu einer gewissen Restverunkrautung entweder durch nach der letzten Applikation schwer bekämpfbare oder durch neu auflaufende Unkräuter. Ertragswirksam wurde diese Restverunkrautung allerdings nicht. In den Verfahren mit winterharter Zwischenfrucht führten hingegen Verfahren mit späterem Einsatzbeginn (>BBCH10 der Zuckerrüben) zu deutlichen Ertragsreduktionen in dem Streifenfrässaatverfahren. Konkurrenz durch Roggen oder Raps in dem nicht bearbeiteten Reihenzwischenraum war so stark, dass die winterharte Zwischenfrucht quasi mit den Auflaufen der Zuckerrrüben reguliert werden musste. Weiterhin wurden auch Ertragunterschiede zwischen den verschiedenen Verfahren festgestellt, die nicht auf eine Konkurrenzwirkung durch Unkraut oder Zwischenfrucht zurückgeführt werden konnten. Im Jahr 2002 wurde in der Variante Roggen eine signifikante Erhöhung des Zuckergehaltes festgestellt, während der Rübenertrag in der Variante mit Winterfurche am höchsten war. Der Bereinigte Zuckerertrag schließlich war bei den Varianten Roggen und Winterfurche gleich hoch. In der Strohmulch- und der Gelbsenfvariante erreichte der Zuckergehalt das Niveau der Winterfurche, jedoch war der Rübenertrag in diesen Varianten etwas geringer. Eine abschließende Bewertung der Verfahren kann erst nach der Ernte des letzten Veruchsjahres im Herbst 2003 erfolgen. Es scheint aber möglich die Altverunkrautung in den meisten Fällen nach Auflauf der Zuckerüben zu regulieren und auch winterharte Zwischenfrüchte in Zuckerrübenanbausysteme unter Verwendung glyphosatresistenter Sorten zu integrieren.

Literatur

[1] Merkes, R.; H. Coenen, F. Hesse, G. Schütz (2003) Stand der Produktionstechnik zu Zuckerrüben– Ergebnisse der Umfrage 2002. Zuckerindustrie 128, im Druck.

[2] Feil, B.; M. Leidgens (2001): Pflanzenproduktion in lebenden Mulchen – eine Übersicht. Pflanzenbauwissenschaften 5, 15-23.

[3] Petersen, J.; S. Koch; K. Hurle (2002) Weiterentwicklung von Mais- und Zuckerrübenmulchsaatsystemen mit der Hilfe von herbizidresistenten Sorten. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVIII, 561-571.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 136–139 (2003)

Fungizidstrategien im Winterweizen

M. Gaudchau*

Einleitung

Im konventionellen Weizenanbau zählt der Einsatz von Fungiziden zu den Standardmaßnahmen, um das Ertragspotential heutiger Hochleistungssorten abzusichern. 1967 kamen die Benzimidazole, 1972 die Morpholine und 1976 die Triazole gegen pilzliche Erreger zum Einsatz. Damit hatten drei unterschiedliche Wirkstoffgruppen organischer Fungizide nahezu den gesamten Getreidebau erobert. Dazu kamen 1996 die Strobilurine, die bis heute das Produktspektrum nochmals erweiterten. Heute werden fast ausnahmslos Kombinationspräparate angeboten, um ein möglichst breites Erregerspektrum abzudecken. Die bisherige Praxis hat gezeigt, dass mit max. zwei Applikationen zu DC 31/32 bzw. DC 51 hinreichender Schutz gewährleistet ist. Zwischenzeitlich gibt es Bemühungen, den Fungizideinsatz auf eine Maßnahme zu reduzieren.

Material und Methoden

In den vorliegenden Versuchen wurde in der Vegetationsperiode 2002 eine kleine, verschiedene Wirkstoffe und Wirkstoffkombinationen repräsentierende Anzahl von im Handel befindlichen Fungiziden (vgl. Tab. 1) untersucht. Der Schwerpunkt lag beim Vergleich der Anwendungen (Einfach-/Zweifachapplikation). Gleichzeitig erfolgte ein Produktvergleich, der jedoch keinesfalls repräsentativ sein kann. Die Durchführung der Versuche erfolgte an den Standorten Rauischholzhausen und Gießen in Kleinparzellen/ 10 m^2 (cv. „Drifter“) in vierfacher Wiederholung.

Tab. 1: Übersicht zu den verwendeten Fungiziden / Wirkstoffen

Acanto Duo Pack 0,8 + 0,8 l/ha	Picoxystrobin 250 g/l + Propiconazol 125 g/l + Fenpropidin 450 g/l
Opus Top 1,5 l/ha	Epoxyconazol 84 g/l + Fenpropimorph 250 g/l
Pronto Plus 1,5 l/ha	Spiroxamine 250 g/l + Tebuconazole 133 g/l
Juwel Top 1,0 l/ha	Kresoxim-Methyl 125 g/l + Epiconazol 125 g/l + Fenpropimorph 150 g/l
BASF 1	Strobilurin-Präparat 1
BASF 2	Strobilurin-Präparat 2

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort Rauischholzhausen dominierte wie schon in den vorangegangenen Jahren Septoria tritici als mit Abstand bedeutendste Blattkrankheit im Weizen. Deshalb wurden bis auf eine witterungsbedingte Ausnahme wöchentliche Befallsbonituren vorgenommen (vgl. Tab 2). Hierbei zeigte sich in den Kontrollvarianten eine Befallszunahme von 10 % in DC 37 bis zu 30 % in DC 71 (F + F-1). In den Trockenphasen des Juni kam es zu einer deutlichen Stagnation des Befalls. Neben *S. tritici* trat ab DC 65 vereinzelt Braunrost auf, der sich jedoch nicht flächendeckend ausbreitete. Mehltau und Gelbrost waren nicht zu beobachten, während DTR ab DC 69/71 auftrat und sich unterschiedlich stark entwickelte.

* JLU -Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen

Tab. 2: Fungizidversuch Rauischholzhausen 2002
Boniturwerte *Septoria tritici* , Ertrag, TKG

	Datum	13.5.	21.5.	28.5.	4.6.	18.06.	25.6.	dt/ha 86% TM	TKG g
DC		37	39	39	51	65	71		
1	Kontrolle	10	20	20	30	30	30	86,93	46,3
2	Acanto Duo Pack 1l/ha DC 31/51	10	10	10	10	10	10	102,08	53,9
3	Opus Top 1,5l/ha DC 31/51	10	10	10	10	10	10	100,21	50,4
4	BASF 1 1,5l/ha DC 31/51	10	10	10	10	10	10	105,16	53,7
5	Pronto Pl. 1,5l/ha DC 31/51	10	10	11,3	10	10	10	93,91	49,6
6	Juwel Top 1l/ha DC31/51	10	10	10	10	10	10	104,14	54,3
7	Acanto Duo Pack 1l/ha DC 39	10	20	20	20	20	20	101,53	52,6
8	Opus Top 1,5l/ha DC 39	10	20	20	20	20	20	98,35	50,5
9	BASF2 1,5l/ha DC 39	10	10	20	20	20	20	103,01	55,9
10	Pronto Pl. 1,5l/ha DC 39	10	10	20	20	20	20	92,53	48,3
11	Juwel Top 1l/ha DC 39	10	10	15	20	20	20	92,02	49,2
12	Acanto Duo 1l/ha DC31+ Gladio 0,8l/ha DC51	10	10	10	10	10	10	102,79	52,6
13	BASF2 1,5l/ha DC31+ Opus Top1,5l/ha DC51	10	10	10	10	10	10	102,11	51,3
14	Juwel Top 1l/ha DC31+ Opus Top 1,5l/ha DC51	10	10	10	10	10	10	97,17	49,9
								GD 5%	GD 5%
								3,51	2,06

Die Ertragswirksamkeit der einzelnen Fungizidmaßnahmen wurde anhand der Parameter Kornertrag und TKG ermittelt. Aus Tab. 2 geht hervor, dass sämtliche Fungizidvarianten gegenüber der Kontrolle signifikante Ertragssteigerungen nach sich ziehen. Im Detail ist zu beobachten, dass die Doppelbehandlungen (Var. 2 – 6) mit Ausnahme von Pronto Plus (Var. 5) zwischen 13 dt/ha (Var. 3) und 18 dt/ha (Var. 4) Mehrertrag bringen. Bei den Einfachbehandlungen (Var. 7 – 11) zeigt sich auf einem nur unbedeutend geringeren Niveau im Vergleich zu den Doppelbehandlungen ein ähnliches Bild, wobei auch hier die abfallende Leistung von Pronto Plus wie auch von Juwel Top hervortreten. Die Kombinationen von Acanto Duo Pack und Gladio (Var. 12) bzw. BASF 1 und Opus Top (Var. 13) liegen ertragsmäßig in der Spitzengruppe, Juwel Top + Opus Top (Var. 14) etwa 5 dt/ha niedriger.

Innerhalb der Behandlungsvarianten treten ebenfalls beachtliche Unterschiede auf. Bei den Doppelbehandlungen (Var. 2 – 6) schneidet BASF 1 (Var. 4) signifikant (GD 5% = 3,51) besser ab als Opus Top (Var. 3) und Pronto Plus (Var. 5). Ähnlich verhält es sich bei den Einfachbehandlungen. Das hier eingesetzte BASF 2 (Var. 9) realisiert den Höchstertrag in dieser Gruppe und liegt signifikant höher als Opus Top (Var. 8), Pronto Plus (Var. 10) sowie Juwel Top Var. 11).

Die zur Interpretation dieser Ergebnisse herangezogenen TKG-Werte vermitteln ein analoges Bild, d.h. es ergibt sich eine positive Korrelation zwischen Kornertrag und

TKG. Beim Vergleich der Ergebnisse des Standortes Rauischholzhausen mit denen des Standortes Gießen fällt zunächst auf, dass bei identischer Versuchsdurchführung das Ertragsniveau auf einem deutlich niedrigeren Niveau liegt. Während es am Standort Rauischholzhausen durch Niederschläge Anfang Juni mit über 20 mm in die Hauptwachstumsphase zu einer zügigen Entwicklung der Bestände kam, herrschte am Standort Gießen wochenlang Trockenheit, die schließlich auch zum frühzeitigen Abreifen der Bestände führte. Befallsbonituren waren daher ab DC 65 nicht mehr möglich. Auch an diesem Standort dominierte Septoria tritici als pilzlicher Schaderreger. Braunrost trat ab DC 61/65 gelegentlich auf, während ab DC 69 DTR in den Kontrollen und Einzelbehandlungen gelegentlich registriert wurde. Weder Gelbrost noch Mehltau waren in den Beständen zu finden.

Tab. 3: Fungizidversuch Gießen 2002
Boniturwerte *Septoria tritici*, Ertrag, TKG

							Kornertrag dt/ha	TKG
Datum		22.5.	5.6.	13.6.	21.6.	1.7.		
BBCH		39	51	61	65	75	86 % TM	g
1	Kontrolle – unbehandelt	30	30	40	40	-	77,63	48,7
2	Acanto Duo Pack 0,8 + 0,8 l/ha DC 31/51	10	10	10	10	-	84,24	51,5
3	Opus Top 1,5l/ha DC 31/51	10	10	10	10	-	84,95	50,4
4	BASF 1 1,5l/ha DC 31/51	10	10	10	10	-	83,74	52,8
5	Pronto Pl. 1,5l/ha DC 31/51	10	10	10	10	-	79,52	49
6	Juwel Top 1l/ha DC 31/51	10	10	10	10	-	83,67	50,9
7	Acanto Duo Pack1l/ha DC 39	20	20	20	20	-	79,97	51,4
8	Opus Top 1,5l/ha DC 39	20	20	20	20	-	83,26	51,8
9	BASF 2 1,5l/ha DC 39	20	20	20	20	-	82,81	51,1
10	Pronto Pl. 1,5l/ha DC 39	20	20	20	20	-	80,36	50,3
11	Juwel Top 1l/ha DC 39	20	20	20	20	-	80,29	50,5
12	Acanto DP 1l/ha DC31+ Gladio 0,8l/ha DC 51	10	10	10	10	-	84,22	50,8
13	BASF 2 1,5l/ha DC31 + Opus Top 1,5l/ha DC51	10	10	10	10	-	85,28	51,1
14	Juwel Top 1l/ha DC31 + OpusTop 1,5l/ha DC 51	10	10	10	10		85,18	51,4
							GD 5 %	GD 5%
							3,94	1,35

Die Ertragsunterschiede zwischen der unbehandelten Kontrolle und den einzelnen Fungizidbehandlungen fallen hier deutlich geringer aus (vergl. Tab. 3). In den Doppelbehandlungen liegen die Erträge statistisch abgesichert über der Kontrolle, in dieser Gruppe erreicht Opus Top (Var. 3) mit 84,95 dt/ha den höchsten, Pronto Plus (Var. 5) mit 79,52 dt/ha den niedrigsten Ertrag. In den Einzelbehandlungen zeigt sich bei maximaler Ertragsdifferenz von 3,29 dt/ha ein homogenes Bild, wobei wie schon in den Doppelbehandlungen mit Opus Top (Var. 8) die höchsten Erträge erzielt wurden. Auch bei den Mischvarianten 12 – 14 liegen die Kombinationen mit Opus Top (Var. 13 u. 14) im Spitzenbereich.

Am Standort RH ergeben sich Ertragssteigerungen bei Doppelbehandlungen im Bereich von 6 bis zu 18 dt/ha. Diese Differenzen sind außerordentlich hoch und bedürfen beim Vergleich der Befallsverläufe durch *S. tritici* einer genaueren Analyse. Bei einem maximalen Blattflächenverlust von 30 % (F + F-1) in den Kontrollvarianten und 20 % (Einfachbehandlungen) bzw. 10 % (Doppelbehandlungen) in den Fungizidvarianten müssen die Ertragsdifferenzen durch weitere Faktoren hervorgerufen worden sein. Dies sind im wesentlichen physiologische Effekte, die besonders durch die Azole und Strobilurine hervorgerufen werden. Einerseits traten die sog. „Greening-Effekte“ in Erscheinung, die zu einer Verlängerung der Assimilationsphase und damit auch Kornfüllungsphase führten. Hierbei sind sog. antioxidative Effekte beteiligt, wodurch das pflanzenschädliche Superoxid in den Fungizidvarianten effizienter entgiftet wird und maßgebliche Blattproteine nicht vorzeitig abgebaut werden. Darüber hinaus sind zwischenzeitlich für Azol- wie auch Strobilurin-Fungizide in Weizen und Gerste erhöhte Toleranzwerte gegenüber Trockenheit, Temperaturschwankungen sowie erhöhten Strahlungswerten nachgewiesen worden. Diese “physiologischen Effekte“ erklären zusammen mit der fungiziden Wirksamkeit die deutlichen Ertragsunterschiede zur unbehandelten Kontrolle. Beim Vergleich der Einfach- bzw. Zweifachbehandlungen (Tab. 4) fällt auf,

Tab. 4: Ertragsvergleich bei ein- / zweifacher Applikation

Standort	Fungizid	Appl. DC 31/51	Appl. DC 39	Ertrags-Diff.
		Ertrag dt/ha	Ertrag dt/ha	2 x : 1 x
		86 % TM	86 % TM	
R.-Holzhausen	Acanto Duo Pack	102,08	101,53	0,55
	Opus Top	100,21	98,35	1,86
	Pronto Plus	93,91	92,53	1,38
	Juwel Top	104,14	92,02	12,12
Gießen	Acanto Duo Pack	84,24	79,97	4,27
	Opus Top	84,95	83,26	1,69
	Pronto Plus	79,52	80,36	-0,84
	Juwel Top	83,67	80,29	3,38

dass bis auf Juwel Top im Versuch Rauischholzhausen keine Mehrerträge durch Doppelbehandlungen erzielt werden konnten, die ökonomisch zu rechtfertigen wären. Bei Aufwendungen von 36.- €/ha bis 57.- €/ha und Präparat und zusätzlichen Ausbringungskosten von ca. 13.- €/ha sind die Doppel-Applikationen in dieser Versuchsreihe für 2002 bis auf eine Ausnahme unrentabel gewesen. Die Resultate zeigen, dass mit Hilfe exakter Bestandeskontrollen der Fungizideinsatz optimiert werden kann, seine Effektivität außer Frage steht und in Zukunft noch effektivere Präparate eingesetzt werden können.

Literatur

Balgheim, R. (2002) : Einsatz neuer Fungizide in Winterweizen und Winterroggen. Landw.Wochenblatt Hessen, Rheinlandpfalz, 13, 15-19

Klingenhagen, G. (2003) : Fungizid- und Wachstumsreglereinsatz im Getreide. Getreide, 2 , 76-84

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 140–143 (2003)

Untersuchungen zur Wirkung von Trockenstress auf ertragsphysiologische Merkmale von im Kohlenhydratmetabolismus gentechnisch veränderten Kartoffeln

Knipp, G. & B. Honermeier*

Einleitung

Ziel der Forschungsarbeiten ist die Analyse und Bewertung der Auswirkungen von Trockenstress auf die Ertragsbildung und die Fitness Fructan bildender Kartoffellinien, die das Enzym „Fructosyltransferase“ aus *Cynara scolymus* besitzen. Die Arbeiten sind Bestandteil eines Verbundvorhabens, das zum Monitoring und zur Sicherheitsforschung transgener Kulturpflanzen am Beispiel der Kartoffel durchgeführt wird. Die Erhebungen sollen Aufschluss darüber geben, ob die vorgenommene gentechnische Modifizierung und die Expression von Fructanen in der Kartoffel zu sicherheitsrelevanten Veränderungen (z. B. erhöhte Kältetoleranz, verbessertes Überdauerungsvermögen, generative Vermehrung, Einfluss auf die Fitness und Reproduktion des Kartoffelkäfers) dieser Kulturpflanze geführt hat, die es bei zukünftigen Freisetzungen zu beachten gilt. Das Hauptaugenmerk der Untersuchungen richtete sich auf die Klärung möglicher Interaktionen, die zwischen Umweltfaktoren und dem GvO bestehen könnten. Das Ziel der durchgeführten und hier vorgestellten Versuche bestand darin, den Einfluss von Trockenstress auf die Ausprägung ertragsphysiologischer Merkmale von gentechnisch modifizierten Fructan bildenden Kartoffeln im Vergleich mit isogenen (nicht transgenen) Linien zu klären.

Material und Methoden

Grundlage der Untersuchungen sind 2-faktorielle Gefäßversuche (Prüffaktor A = Wasserversorgung, Prüffaktor B = Genotyp), die in der Gefäßstation Rauischholzhausen in den Jahren 2001 bis 2003 unter Gewächshausbedingungen (S1-Bereich) durchgeführt wurden. Die Pflanzknollen wurden aus der Gewebekultur des Verbundpartners MPI Golm bezogen. Geprüft wurden 3 Einfachtransformanten (35S-SST 36, 35S-SST 20, 35S-SST 18) und 4 Doppeltransformanten (35S-SST/FFT 22/19, 35S-SST/FFT 22/30, 35S-SST/FFT 22/34, 35S-SST/FFT 36/17), die mit der isogenen Linie Désirée WT 1 verglichen wurden. Der Prüffaktor „Wasserversorgung“ enthielt die Prüfstufen „optimal“ und „suboptimal“ (um 20 – 25 % verringerte nWK). Insgesamt wurden bisher 4 Versuche zum Einfluss von Trockenstress (TS 2001-1, TS 2001-2, TS 2002-1 TS 2003-1) durchgeführt und ausgewertet.

Neben phänologischen und morphologischen Merkmalen wurden Daten zur Knollenbildung und zum Stärkegehalt der Transformanten erhoben. Weiterhin wurde der Einfluss auf primäre Inhaltsstoffe im Blattapparat, wie Protein, Prolin, lösliche Zucker und Fructane untersucht. Die Bestimmung des N-Gehaltes der Blätter erfolgte mittels Pyrolyse-Gaschromatographie, der Prolingehalt der Blätter wurde nach BATES (1973) spektralphotometrisch bestimmt. Der Gehalt an löslichen Zuckern und Fructanen wurde durch den Verbundpartner MPI Golm nach der Methode von HELLWEGE et al. (2000) untersucht. Zur Bestimmung des Stärkegehaltes wurden eine Stärkewaage sowie die Enzym-Bio-Analytik der Firma Boehringer Mannheim eingesetzt. Der Rela-

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen; e-mail Gabriele.Knipp@ernaehrung.uni-giessen.de

tive Wassergehalt RWC % = (FM – TM)/(wassergesättigte FM – TM) x 100 wurde nach der modifizierten Methode von WEATHERLEY (1950) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Doppeltransformanten liefen im Vergleich zur Ausgangssorte Désirée WT 1 signifikant später auf und zeigten eine langsamere Entwicklung der ersten drei Fiederblattpaare. Der Blühbeginn setzte bei suboptimaler Bewässerung signifikant später ein ($p < 0.001$) und die Blühperiode war stark verkürzt. Bei den Doppeltransformanten (bes. 35S-SST/FFT 22/19) verzögerte sich gegenüber der nicht transgenen Kontrolle der Beginn der Blüte signifikant. Die Zahl der Blüten 1. Ordnung (BBCH 65) war bei suboptimaler Wasserversorgung im Versuch TS 2002-1 signifikant ($p < 0.001$) geringer, während in den übrigen Versuchen kein statistisch gesicherter Unterschied zwischen den Wasservarianten nachgewiesen wurde. Die optimal bewässerten transgenen Linien 35S-SST 36, 35S-SST 20, 35S-SST/FFT 22/19 und 35S-SST/FFT 22/30 und die nicht transgene Ausgangssorte Désirée waren unter den Bedingungen der Gewächshausanzucht in der Lage, generative Vermehrungsorgane (Beeren) zu bilden. Die daraus gewonnenen Samen der genannten Genotypen wiesen gesicherte morphologische Unterschiede (Breite, Fläche) auf (KNIPP & HONERMEIER, 2002). Bei suboptimaler Bewässerung bildeten die geprüften Genotypen keine Beeren aus. Nach 6 Monaten Lagerung bei Raumtemperatur (Samenfeuchte 6 %) betrug die Keimfähigkeit der Samen 7 bzw. 14 Tage nach Auslegen im Mittel 69,5 % bzw. 78,5 %. Die Genotypen unterschieden sich in der Keimfähigkeit nur gering ($p = 0{,}092$) voneinander. Die höchste Keimfähigkeit wurde bei den Samen der Linie 35S-SST 36 mit 100,0 % $\pm$ 0,0 beobachtet.

Bei optimaler nWK bildeten die Einfachtransformanten 35S-SST 18 und 35S-SST 20 einen signifikant längeren Haupttrieb aus, die Doppeltransformanten besaßen sowohl unter optimaler als auch unter suboptimaler Wasserversorgung einen gegenüber der isogenen Linie stark verkürzten Haupttrieb ($p < 0.001$) (Abb. 1). Da sich die Genotypen in der Blattanzahl des Haupttriebes nicht voneinander unterschieden, resultiert aus diesen Ergebnissen bei den Transformanten eine Veränderung der Internodienlänge. Die Doppeltransformanten hatten außerdem einen signifikant erhöhten spezifischen Wasserverbrauch ($p < 0.001$). Die Pflanzen der suboptimal bewässerten Variante reiften unabhängig vom Genotyp signifikant ($p < 0.001$) später ab.

Die Wasserversorgung hatte erwartungsgemäß einen gesicherten Einfluss auf die Knollenbildung der Pflanzen. Bei suboptimaler Wasserversorgung erzielten die Pflanzen unabhängig vom Genotyp nur ca. 53 % des Knollenertrages der optimal bewässerten Variante. Die Doppeltransformanten bildeten gegenüber der nicht transgenen Kontrolle einen signifikant niedrigeren Knollenertrag und eine deutlich höhere Knollenanzahl/Pflanze. Die Stärkegehalte in den Knollen waren bei den Einfachtransformanten um bis zu 2,5 %, die der Doppeltransformanten um bis zu 4,4 % d. TM im Vergleich zur Ausgangssorte Désirée WT 1 reduziert. Nach HELLWEGE et al. (2000) synthetisieren die geprüften Fructan bildenden Kartoffellinien bis zu 5 % Fructane i. d. TM der Knollen an Stelle von Stärke. Die Verringerung der Stärkegehalte in den Knollen dürfte somit auf die Synthese von Fructanen zurück zu führen sein. Die gesamte Speicherkapazität der Knollen hat sich bei den Fructan bildenden Kartoffeln somit nicht erhöht. Ab dem Entwicklungsstadium BBCH 60 wurde in den Blättern der suboptimal bewässerten Pflanzen eine signifikant erhöhte N-Konzentration i. d. TM im Vergleich zur optimalen Wasserversorgung gemessen ($p < 0.001$).

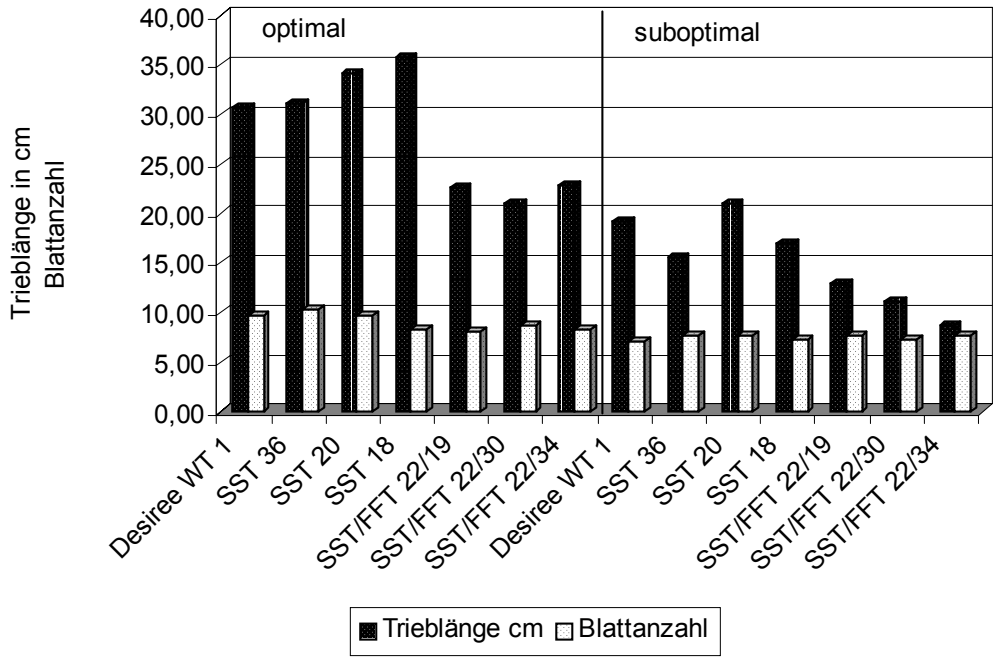


Abb. 1: Trieblänge und Blattanzahl des Haupttriebes Fructan bildender Kartoffellinien (BBCH 55), Gefäßversuch Rauischholzhausen 2002 (TS 2002-1)

In späteren Phasen der Ontogenese der Kartoffeln (BBCH 65 bis BBCH 81) wurde unter suboptimaler Bewässerung eine Zunahme der mittleren Prolingehalte im Blatt von 2,98 µmol/g TM (TS 2003-1 BBCH 65) auf 6,42 µmol / g TM (TS 2003-1 BBCH 69) bis 50,31 µmol/g TM (TS 2002-1 BBCH 81) beobachtet. Besonders die nicht transgene Ausgangssorte Désirée und die Einfachtransformanten zeigten einen deutlichen Prolinanstieg in den Blättern vom Stadium der Vollblüte bis zum Blühende. Die Blätter der Doppeltransformanten enthielten im Entwicklungsstadium BBCH 69 dagegen signifikant ($p < 0.05$) geringere Prolinkonzentrationen als die Einfachtransformanten. Auffällig war das abweichende Verhalten der Linie 35S-SST/FFT 22/19, deren Blätter zu allen drei Messterminen die niedrigsten Prolingehalte aufwies. Weitere Unterschiede wurden auch bei Betrachtung der Prolingehalte der Transformanten 35S-SST 36 und 35-SST/FFT 36/17, die sich nur durch das FFT-Gen unterscheiden, beobachtet. Im Entwicklungsstadium BBCH 69 enthielten die Blätter der Einfachtransformante 35S-SST 36 im Mittel einen Prolingehalt von 12,54 µmol/g TM, während die aus dieser Linie durch Supertransformation hervorgegangene Linie 35S-SST/FFT 36/17 nur einen mittleren Prolingehalt von 3,56 µmol/g TM aufwies. Aus diesem Befund lässt sich schließen, dass das FFT-Gen, welches zur Ausbildung langer Fructanketten führt, die Höhe des Prolingehaltes in den Kartoffelblättern beeinflusst haben könnte. Für die Aufklärung des biochemischen Hintergrundes dieses Zusammenhangs sind weitere Untersuchungen erforderlich. Kenntnisse über die Veränderungen des Prolingehaltes in der Kartoffelpflanze sind jedoch nicht nur zum besseren Verständnis physiologischer Zusammenhänge von Bedeutung, sondern vermutlich auch für die Beurteilung von Effekten auf den Kartoffelkäfer von Interesse. Der Kartoffelkäfer gewinnt seine Flugenergie aus dem Prolin (DETTNER & PETERS 1999), so dass auch der Prolingehalt der Pflanze die Nahrungspräferenz des Kartoffelkäfers beeinflussen könnte.

Im Entwicklungsstadium BBCH 65 wurde bei suboptimaler Bewässerung ein signifikant ($p = 0{,}066$) niedrigerer relativer Wassergehalt (RWC in %) in den Blättern gegenüber der optimal bewässerten Variante beobachtet. Bei gleichzeitigem Anstieg des Prolingehaltes bis zum Entwicklungsstadium BBCH 69 wurden diese Unterschiede im RWC in % jedoch vollständig kompensiert.

Die Fructangehalte in den Blättern der Transformanten waren im Vergleich zur nicht transgenen Kontrolle Désirée WT 1 erwartungsgemäß erhöht ($p < 0.001$). Die Spannweite der Fructangehalte betrug im Versuch 2001-2 (Doppeltransformanten) 30 – 35 µmol/g TM Hexose-Äquivalente und im Versuch TS 2001-1 (Einfachtransformanten) insgesamt 40 – 70 µmol/g TM Hexose-Äquivalente. Der Gehalt an Saccharose als Ausgangssubstrat für die Fructansynthese korrelierte nur sehr schwach positiv mit dem Fructangehalt in den Blättern der Doppeltransformanten ($r = 0{,}30$ mit $p = 0{,}084$). Für die Einfachtransformanten konnte keine Korrelation zwischen den beiden Inhaltsstoffen nachgewiesen werden.

Insgesamt ist festzustellen, dass die suboptimal bewässerten Pflanzen unabhängig vom Genotyp eine hohe Anpassungsfähigkeit an Trockenheit zeigten. Zwischen den Genotypen und dem Einflussfaktor „Wasserversorgung“ wurden in morphologischen Merkmalen der Kartoffelpflanze, im Entwicklungsverlauf, in der Ertragsbildung sowie in der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe der Blätter und Knollen signifikante Interaktionen beobachtet. Diese Wechselwirkungen lassen sich z. T. auf die vorgenommene gentechnische Veränderung zurückführen. Die bisher beobachteten Effekte werden nach den bisher vorliegenden Ergebnissen jedoch nicht als sicherheitsrelevant eingeschätzt.

Literatur

Bates, L. S., 1973: Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Knipp, G. & Honermeier B., 2002: Untersuchungen zur Keimfähigkeit der Samen von im Kohlenhydratmetabolismus gentechnisch veränderten Kartoffellinien. Mitt. d. Ges. f. Pflanzenbauwiss. 14, 286-287.

Hellwege, E. M., A. Czapla, A. Jahnke, L. Willmitzer, & A. G. Heyer, 2000: Transgenic potato (*Solanum tuberosum*) tubers synthesize the full spectrum of inulin molecules naturally occurring in globe artichoke (*Cynara scolymus*) roots. Proc Nat Ac Sience 97: 8699-8704.

Dettner, K. & W. Peters (Hrsg.), 1999: Lehrbuch der Entomologie, Gustav-Fischer-Verlag.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 144–147 (2003)

Pflanzenbauliche Bewertung des Anbaus transgener Kulturpflanzen – Möglichkeiten und Perspektiven

Carola Pekrun & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Weltweit nehmen die Anbauflächen transgener Kulturpflanzen zu. Im Jahr 2002 wurden auf 59 Mill. ha transgene Sorten angebaut, vor allem Soja (51% der weltweiten Produktion), Baumwolle (20 %), Raps (12 %) und Mais (9 %) (JAMES, 2002). Der Anbau erfolgt bisher mehrheitlich in den USA, Argentinien, Kanada und China. Auch wenn nach aktuellem Stand der Anbau transgener Pflanzen in der EU weitgehend abgelehnt wird, ist nicht auszuschließen, dass auch in Europa in absehbarer Zeit transgene Kulturpflanzen für den kommerziellen Anbau zur Verfügung stehen werden. Herbizidtolerante Kulturen und Genotypen mit einer auf *Bacillus thuringiensis* basierenden Resistenz gegen Insektenschädlinge, sogenannte Bt-Pflanzen, besitzen weltweit die größte Bedeutung und werden auch innerhalb der EU zunächst die größte Bedeutung besitzen. Bevor sie in den praktischen Anbau gelangen, sollte eine ausgewogene Beurteilung der Vor- und Nachteile vorgenommen werden. Dies erfordert zum einen eine ökologische, zum anderen eine pflanzenbauliche Bewertung.

In dem vorliegenden Beitrag wird ein kurzer Überblick über die agronomischen Eigenschaften von herbizidtoleranten und Bt-Kulturen gegeben. Es werden hierzu Versuchsergebnisse und Anbauerfahrungen aus den USA und aus Kanada verwendet, zusätzlich Ergebnisse aus Freisetzungsversuchen in Europa.

Herbizidtolerante Kulturen

Das Merkmal, welches am häufigsten bei trangenen Kulturpflanzen vorzufinden ist, ist eine Toleranz gegenüber Glyphosat oder Glufosinat. In Kanada werden von der Mehrheit der Canola-Anbauer herbizidtolerante Sorten angebaut (Canola = *Brassica napus* und *Brassica rapa*). Die Landwirte sehen als den wichtigsten Vorteil dieser Sorten die einfacherere und billigere Unkrautkontrolle (DEVINE & BUTH, 2001). Im allgemeinen sind keine zusätzlichen Herbizide nötig. Dieser Vorteil kommt insbesondere bei pflugloser Bodenbearbeitung und in Direktsaatsystemen zum Tragen oder auf Flächen, wo Problemunkräuter zusätzliche Herbizidapplikationen erfordern. Ein beträchtlicher finanzieller Vorteil geht aus den Erhebungen von MC KINLEY *et al.* (1999) oder REDDY (2001) für Sojabohnen hervor oder aus den Berechnungen von MAY (2003) für Zuckerrüben. So wären beim Anbau herbizidtoleranter Zuckerrüben in Großbritannien mittlere Einsparungen von ca. 150 Pfund ha^{-1} möglich.

Geringere Kosten für die Unkrautbekämpfung resultieren zum einen aus dem relativ niedrigen Preis von Herbiziden mit den Wirkstoffen Glyphosat oder Glufosinat. Zum anderen beruhen die Einsparungen darauf, dass in herbizidtoleranten Kulturen im Mittel weniger herbizider Wirkstoff ausgebracht werden muss (ATEH & HARVEY, 1999). Nach Berechnungen von COYETTE *et al.* (2002) würde die flächendeckende Umstellung auf herbizidtolerante Zuckerrüben in Deutschland zu einer Verringerung der herbiziden Wirkstoffmenge um 975 t a^{-1} und damit um 56 % der heute in Zuckerrüben ausgebrachten Menge führen. Da die Wirkstoffe Gufosinat und Glyphosat eine geringe Toxizität aufweisen und relativ rasch abbaubar sind (GIESY *et al.*, 2000), be-

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart

steht zusätzlich ein ökologischer Vorteil, der gesamtgesellschaftlich von Relevanz ist und sich längerfristig vermutlich auch auf einzelbetrieblicher Ebene positiv auswirkt.

Neben verringerten Herbizidaufwandmengen ist als weiterer wichtiger Vorteil zu nennen, dass die Unkrautbekämpfung durchgängig im Nachauflauf erfolgen kann und damit nach Schadensschwellen. So können z.B. Klettenlabkraut (*Galium aparine*) oder die in machen Regionen als Problemunkraut auftretende Lösels Rauke (*Sisymbrium loeselii*) im Raps im Nachauflauf bekämpft werden (PETERSEN & HURLE, 2000; MERKEL *et al.*, 2000). Dies führt zu einer Einsparung von Herbiziden und kann zusätzlich zu einer Erhöhung der Biodiversität auf dem Acker führen. So fanden DEWAR *et al.* (2000) in Glyphosat-toleranten Zuckerrüben, in denen die erste Herbizidapplikation im 2-4-Blattstadium erfolgte, weniger Blattläuse und mehr Prädatoren. Ähnliche Beobachtungen machten ELMEGAARD & PEDERSEN (2001) in herbizidtoleranten Futterrüben.

Da die Ermittlung der Verunkrautung aufwändig ist und Landwirte das Risiko einer zu späten Bekämpfung scheuen, hat die Bekämpfung nach Schadensschwellen nur teilweise Eingang in die Praxis gefunden. Diese Schwierigkeit könnte durch teilflächenspezifische Applikation überwunden werden. Hierbei wären im Gegensatz zu konventionellen Kulturen beim Anbau von herbizidtoleranten Kulturen keine komplizierten Algorithmen zur Unkrautunterscheidung oder aufwändige Steuerungstechniken zur Einspritzung variierender Herbizidkombinationen nötig (GERHARDS & SÖKEFELD, 2003). Die Kombination zweier neuer Technologien könnte damit zu einer weiteren Verminderung des Herbizidaufwands beitragen.

Der Anbau von herbizidtoleranten Kulturen eröffnet neue Perspektiven für die Erosionskontrolle. PETERSEN (1999) entwickelte ein System, bei dem Mais in eine Zwischenfrucht eingesät wird, die erst nach dem 4- bis 8-Blattstadium des Maises entfernt wird. Da nach dem Abspritzen des Zwischenfruchtbestands weiterhin Erntereste auf der Bodenoberfläche verbleiben, ist die Erosionsgefahr nicht nur bis zum Spritztermin vermindert, sondern darüber hinaus in der Vegetationsperiode des Maises. Ähnliche Systeme sind mit Zuckerrüben denkbar.

Von den in Kanada befragten Canola-Anbauern wurde als weiterer wichtiger Vorteil herbizidtoleranter Kulturen die geringere Wahrscheinlichkeit der Entwicklung resistenter Unkräuter genannt (DEVINE & BUTH, 2001). Obgleich die Wahrscheinlich-keit der Resistenzentwicklung bei Glyphosat oder Glufosinat geringer ist als bei manchen anderen Herbiziden (BRADSHAW *et al.*, 1997), so ist sie jedoch nicht gleich Null, wie der Fund von Glyphosat-resistentem *Lolium rigidum* vor einigen Jahren in Australien zeigt (POWLES *et al.*, 1998). Zu bedenken ist hierbei, dass durch die großflächige Anwendung von nur einem oder zwei Wirkstoffen der Selektionsdruck auf Unkräuter steigt und zusätzlich eine Übertragung des Resistenzgens mittels Auskreuzung auf verwandte Wildarten möglich ist, dies insbesondere bei Raps (DIETZ-PFEILSTETTER *et al.*, 1999). Auf ein Resistenzmanagement wird man unter intensiven Anbaubedingungen deshalb genauso wenig verzichten können wie beim Anbau konventioneller Kulturen.

Ein Vorteil, der theoretisch bestehen könnte, aber nicht immer gut zu überprüfen ist, ist die höhere Kulturpflanzenverträglichkeit von Glufosinat und Glyphosat bei den jeweils toleranten Genotypen. Dies sollte in höhere Erträge münden und infolgedessen in höhere Deckungsbeiträge. Bei Vergleich verschiedener Unkrautbekämpfungsverfahren in herbizidtoleranten Zuckerrüben konnten BÜCKMANN *et al.* (2000) diesen Effekt feststellen. Hieraus resultiert jedoch kein grundsätzlicher Ertragsvorteil bei herbizidtoleranten Kulturen (FÖRSTER *et al.*, 1998), da das Ertragspotential im

wesentlichen eine Folge des züchterischen Inputs in das verwendete Ausgangsmaterial ist.

Den genannten Vorteilen steht eine Reihe von Nachteilen gegenüber. Der wichtigste Nachteil ist die mangelnde Nachhaltigkeit der Wirkung von Glufosinat und Glyphosat. Da beide herbiziden Wirkstoffe ausschließlich auf das Blatt wirken, sind häufig wiederholte Applikationen nötig. Unter Umständen ist eine sehr hohe Anzahl an Spritzungen nötig, dies vor allen Dingen dann, wenn Landwirte noch nicht genügend Erfahrungen mit herbizidtoleranten Kulturen besitzen. Ein weiterer Nachteil der herbizidtoleranten Kulturen ist, dass auch die Totalherbizide Glufosinat und Glyphosat Wirkungslücken bzw. unterschiedliche Wirksamkeit gegenüber Unkräutern aufweisen. Es ist deshalb davon auszugehen, dass ihr vermehrter Einsatz mittel-fristig typische Unkrautgesellschaften hervorbringen wird, die wiederum mit anderen Herbiziden bekämpft werden müssen (VAN GESSEL, 2001).

Ein weiterer Problembereich ist die Kontamination von benachbarten Kulturen durch Auskreuzung sowie die Kontamination nachfolgender Kulturen über herbizidtoleranten Durchwuchs. In Einzelfällen kann es zur Entstehung von Genotypen mit Mehrfachresistenzen führen, wie in Kanada auf Praxisflächen (HALL *et al.*, 2000; BECKIE *et al.*, 2001) und in Deutschland in Freisetzungsexperimenten (DIETZ-PFEILSTETTER & ZWERGER, 2002) bereits geschehen. Zur Minimierung der Kontamination ist ein Flächenmanagement nötig, sowohl in bezug auf den Anbau benachbarter Flächen als auch in bezug auf die Fruchtfolge (COLBACH *et al.*, 2001). Dies wird um so wichtiger sein, um so niedriger der Schwellenwert für gentechnikfreie Produkte in der EU liegen wird. Abgesehen von der Auskreuzungsproblematik kann herbizidtoleranter Durchwuchs zusätzliche Unkrautprobleme verursachen. In Kanada ist herbizidtoleranter Raps eines der wichtigsten Unkräuter geworden (HALL *et al.*, 2003). Die zu Beginn genannten Vorteile von herbizidtoleranten Kulturen sind somit nicht immer zu realisieren, sondern können nur bei optimalen Management umgesetzt werden. Sie erfordern pflanzenbauliche Anpassungen, stellen aber keine qualitative Neuerung im Vergleich zu konventionellen Sorten dar.

Bt-Mais

In Europa wird in absehbarer Zeit nur der Mais mit einer auf *Bacillus thuringiensis* basierenden Resistenz gegenüber herbivoren Insektenschädlingen ausgestattet sein. Ein wesentlicher Vorteil von Bt-Pflanzen liegt darin, dass keine oder weniger Insektizide eingesetzt werden müssen (PEFEROEN, 1997). Dies gilt allerdings nur für die Anbaugebiete, in denen regelmäßig Insektizidspritzungen im Mais erforderlich sind und damit nur für einen Teil der Anbaugebiete Europas. Als ein weiterer Vorteil von Bt-Mais ist aufzuführen, dass nur die Schadinsekten abgetötet werden, die an den Pflanzen saugen bzw. fressen. Nutzinsekten werden somit geschont. Sie bleiben allerdings nicht unbeeinflusst. Eine Rückkoppelung besteht allein aufgrund des unter Umständen verminderten Nahrungsangebots (HILBECK *et al.*, 1998; KISS *et al.*, 2003). Ein pflanzenbaulicher Vorteil von Bt-Pflanzen ist darüber hinaus die hohe Bekämpfungssicherheit. Da das Toxin in allen Teilen der Pflanze und über die gesamte Lebensdauer der Pflanze exprimiert wird, ist die Pflanze optimal geschützt. Dies impliziert gleichzeitig jedoch den Nachteil einer erhöhten Wahrscheinlichkeit der Resistenzbildung bei den relevanten Schadinsekten, insbesondere dann, wenn der Anbau von Bt-Pflanzen flächendeckend erfolgt. Ähnlich wie für herbizidtolerante Kulturen geschildert, erfordert somit der Anbau von Bt-Mais ein gut abgestimmtes Resistenzmanagement (FERRÉ, 2003). Dies ist insbesondere auch deshalb wichtig,

da *Bacillus thuringiensis*-Präparate zu den wenigen sehr wirksamen Insektiziden im ökologischen Landbau gehören.

Schlussfolgerungen

Der Anbau der in naher Zukunft möglicherweise in Europa zur Verfügung stehenden transgenen Kulturpflanzen impliziert pflanzenbauliche Vor- als auch Nachteile. Landwirte werden transgene Pflanzen deshalb vermutlich nur dann anbauen, wenn dies mit einem erheblichen ökonomischen Vorteil verbunden ist. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist, dass sie ihre Produkte vermarkten können. Damit hängt der Anbau von transgenen Kulturpflanzen entscheidend von der Haltung der Verbraucherinnen und Verbraucher ab.

Literatur

Ateh, C.M. & Harvey, R.G.,1999: Weed Technology 13, 394-398.
Beckie H.J., Hall, L.M., Warwick, S.I., 2001 : Proc. Bright Crop Protection Conf. – Weeds, 135-142.
Bradshaw, L.D., Padgette, S.R., Kimball, S.L., Wells, B.H., 1997 : Weed Technology 11, 189-198.
Bückmann, H., Petersen, J., Schlinker, G., Märländer, B., 2000: Z. Pflkrankheiten Pflschutz – Sonderheft XVII, 353-362.
Colbach, N., Clermont-Dauphin, C., Meynard, J.M., 2001 : Agric. Ecosystems Environment 83, 255-270.
Coyette, B., Tencalla, F., Brants, I. et al., 2002: Pesticide Outlook 13, 219-223.
Devine, M.D. & Buth, J.L., 2001: Proc. Bright Crop Protection Conf. – Weeds, 367-372.
Dewar, A.M., Haylock, L.A., Bean, K.M., May, M.J., 2000: Pest Management Sci. 56, 345-350.
Dietz-Pfeilstetter, A., Gland-Zwerger, A., Garbe, V., 1999 : Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 51, -14-19.
Dietz-Pfeilstetter, A. & Zwerger, P., 2002 : Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. 390, 322.
Elmegaard, W. & Pedersen, M.B., 2001: National Environmental Res. Inst. Denmark. Technical Report No. 349, 40 pp.
Ferré, J., 2003 : In: Lelley, T., Balazs, Tepfer, M. (eds.): Ecological impact of GMO dissemination in agro-ecosystems. Facultas Universitätsverlag, Wien, 141-155.
Förster, K., Schuster, C., Belter, A., Diepenbrock, W., 1998 : Bundesgesundheitsblatt 41, 547-552.
Gerhards, R. & Sökefeld, M., 2003: In: Stafford, J. & Werner, A. (eds.): Precision Agriculture. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 229-234.
Giesy, J.P., Dobson, S., Solomon, K.R., 2000: Rev. Environ. Contam.Toxicol. 167, 35-120.
Hails, R.S., 2000: Trends in Ecology and Evolution 15, 14-18.
Hall, L., Topinka, K., Huffman, J., Davis, L., Good, A., 2000: Weed Sci. 48, 688-694.
Hall, L., Good, A., Beckie, H.J., Warwick, S.I., 2003: In: Lelley, T., Balazs, Tepfer, M. (eds.): Ecological impact of GMO dissemination in agro-ecosystems. Facultas Universitätsverlag, Wien, 57-66.
Hilbeck, A., Baumgartner, M., Fried, P.M., Bigler, F., 1998: Environ. Entomol. 17, 480-487.
James, C., 2002: Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2002. ISAAA Briefs No. 27. ISAAA: Ithaca, NY. www.agbiotechnet.com
Kiss, J., Szentkiralyi, F., Toth, F., et al., 2003: In: Lelley, T., Balazs, Tepfer, M. (eds.): Ecological impact of GMO dissemination in agro-ecosystems. Facultas Universitätsverlag, Wien, 157-172.
May, M.J., 2003: Annals appl. Biology 142, 41-48.
Mc Kinley, T.L., Roberts, R.K., Hayes, R.M. & English, B.C., 1999 : Weed Technology 13, 30-36.
Merkel, U., Schuster, C., Schubert, A., Diepenbrock, W., 2000 : Z. Pflkrankheiten Pflschutz, Sonderheft XVII, 363-371.
Petersen, J., 1999: Untersuchungen zur Unkrautbekämpfung mit Bodendeckern in herbizidresistentem Mais. Diss. Univ. Hohenheim. Cuvillier Verlag Göttingen.
Petersen, J. & Hurle, K., 2000: Z. Pflkrankheiten Pflschutz, Sonderheft XVII, 389-396.
Peferoen, M., 1997: Trends Biotechnology 15, 173-177.
Powles, S.B., Lorraine-Colwill, D.F., Dellow, J.J. & Preston, C., 1998: Weed Sci. 46, 604-607.
Reddy, K.N., 2001: J. New Seeds 3, 27-39.
Van Gessel, M.J., 2001: Weed Sci. 49, 703-705.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 148–151 (2003)

Gentransfer durch Unkrautraps

Sabine Gruber, Carola Pekrun & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Unkrautraps kann in Rapsfolgefrüchten, in denen eine selektive Bekämpfung nicht möglich ist, pflanzenbauliche Probleme verursachen. Darüber hinaus ist als Folge der verminderten Sortenreinheit des Bestandes durch Unkrautraps ein Besatz mit fremden Genotypen im Erntegut nicht auszuschließen, der zu Qualitätsveränderungen führen kann. Beim Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen kann es auf diesem Wege zu Beimischungen transgener Bestandteile kommen, die den Schwellenwert von 0,9 % nach der künftigen Verordnung über gentechnisch veränderte Lebens- und Futtermittel überschreiten. Seiner vergleichsweise kurzen züchterischen Bearbeitung wegen weist Raps verschiedene Wildpflanzenmerkmale auf. Dazu zählt die relativ geringe Platzfestigkeit der Schoten, die vor und während der Ernte zu erheblichen Ausfallverlusten führen kann (Price, 1996, Pekrun und Claupein, 2002). Verbunden mit der Fähigkeit von Rapssamen, unter bestimmten Umweltbedingungen sekundäre Dormanz zu entwickeln, kann sich eine Bodensamenbank aufbauen, aus der immer wieder Unkrautraps aufwächst. Diese Pflanzen können sowohl durch Auskreuzung als auch über neu gebildete Samen zu einem räumlichen und zeitlichen Gentransfer beitragen. Neben Dormanz auslösenden Umweltbedingungen, wie sie durch Bodenbearbeitung geschaffen werden, liegen auch Hinweise auf eine genetische Disposition für die Entwicklung sekundärer Dormanz vor (Gruber et al. 2002).

In der vorliegenden Arbeit wurde in verschiedenen Versuchsansätzen im Feld geprüft, welchen Einfluss eine auf die Rapsernte folgende Bodenbearbeitung und der Genotyp der Pflanzen auf die Entwicklung einer Bodensamenbank und daraus aufwachsende Durchwuchspflanzen haben. Dabei wurden die für einen potenziellen Gentransfer kritischen Phasen Blüte und Reife beobachtet. Unter den geprüften Sorten befanden sich zwei Nah-Isogene, um Hinweise auf die Überdauerung bereits vorhandener transgener Winterrapssorten zu erhalten.

Material und Methoden

Die vorgestellten Versuche wurden 2002 auf der Versuchsstation ‚Ihinger Hof' (Baden-Württemberg) der Universität Hohenheim angelegt. Im Teilversuch 1 (V1) wurden in einer Spaltanlage am 27.7. die Winterrapssorten Artus und Liberator (beide nah-isogen zu zwei transgenen, herbizidtoleranten Sorten) in einer definierten Menge von 10.000 Samen m^{-2} auf einer geräumten Getreidestoppel ausgestreut. Anschließend wurden verschiedene Varianten der Stoppel- und Grundbodenbearbeitung vorgenommen (Tabelle 1). Dabei erfolgte entweder eine sofortige, flach mulchende Stoppelbearbeitung mit einer Dyna-Drive und eine spätere Grundbodenbearbeitung mit Pflug (BB1), eine um 4 Wochen verzögerte Stoppelbearbeitung und Grundbodenbearbeitung mit Pflug (BB2), sofortige Stoppelbearbeitung und Grundbodenbearbeitung mit Grubber (BB3) oder keinerlei Bodenbearbeitung und Direktsaat der Folgefrucht (BB4).

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, 70599 Stuttgart

Tab. 1: Bodenbearbeitungsvarianten

Variante	Stoppelbearbeitung (flach mulchend, 10 cm)	Grundbodenbearbeitung im Herbst/Winter
BB 1	unverzüglich nach dem Samenfall	Pflug (25 cm)
BB 2	4 Wochen nach dem Samenfall	Pflug (25 cm)
BB 3	unverzüglich nach dem Samenfall	Grubber (15 cm)
BB 4	ohne	Direktsaat

Im Teilversuch 2 (V2) wurde beim Drusch am 25.7.2002 natürlicherweise ausgefallenes Samenmaterial der Sorte Liberator auf den Effekt der Bodenbearbeitung geprüft. Im Teilversuch 3 (V3) wurden am 25.7.2002 die Sorten Liberator, Artus, Bristol und Capitol gedroschen, um bei einer einheitlichen Bodenbearbeitung (BB1) ebenfalls mit den natürlichen Ausfallrapssamen einen Sortenvergleich vornehmen zu können. V2 und V3 wurden als Blockanlage getestet.

Zur Erhebung der Ausfallverluste in V2 und V3 wurden direkt vor der Ernte 50 x 70 cm große Tücher auf der gesamten Mähdrescherbreite in den Bestand eingebracht, um die Druschverluste aufzufangen. Bis auf die Entfernung jeglichen Aufwuchses mit einem nicht selektiven Herbizid zur Saat der Folgefrucht Winterweizen (V1: 09.01. 2003, V2: 09.12. 2002, V3: 20.12.2002) wurde auf einen Herbizideinsatz verzichtet, um die Entwicklung von Durchwuchsrapspflanzen beobachten zu können. Zur Bestimmung des Bodensamenvorrats im Frühjahr wurden die Parzellen mit 40 Einstichen bis 30 cm Tiefe mit einem Bohrstock des Durchmessers 11 x 15 mm beprobt. Im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode erfolgte die Bestimmung von Anzahl und Zeitpunkt blühender Durchwuchsrapspflanzen sowie des Umfangs der neu gebildeten Samengeneration. Die Verrechnung der Daten erfolgte in SAS mit der Prozedur ‚MIXED'. Zur Erfüllung der Bedingungen für die Varianzanalyse wurden die Daten gegebenenfalls transformiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Druschverluste betrugen in den Teilversuchen 2 und 3 zwischen rund 1.300 und 3.500 Samen m^{-2} bzw. 1,5 bis 4 % des Ertrags (Tab. 2).

Tab. 2: Druschverluste bei der Ernte von Winterraps in den Teilversuchen 2 und 3 in Samen m^{-2} bzw. % des Ertrags

	V2		V3	
	Samen m^{-2}	% Ertrag	Samen m^{-2}	% Ertrag
Liberator	1.324	1,5	3.246	3,7
Artus	-	-	3.020	3,7
Bristol	-	-	3.521	3,4
Capitol	-	-	3.181	4,1

Diese Werte liegen verglichen mit Ausfallverlusten nach Pekrun und Claupein (2002) und Price (1996) eher im unteren Bereich.

Nach Durchführung der verschiedenen Bodenbearbeitungsmaßnahmen war bei allen Teilversuchen in der Variante BB2 mit verzögerter Stoppelbearbeitung und späterer Pflugfurche der geringste Bodensamenvorrat vorhanden (Tab. 3).

Tab. 3: Bodensamenvorrat von Raps nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung mit ausgestreuten oder beim Drusch ausgefallenen Samen. In Klammern: transformierte Daten, V1 *ln + 0,1* transformiert, V3 *Arcus-Sinus-Wurzel*-transformiert. Standardfehler des Mittelwerts V1 (*ln + 0,1*-transformiert): 1,30; V2: 63,0; V3 (*Arcus-Sinus-Wurzel*-transformiert): 0,08. Keine signifikanten Unterschiede zwischen Werten mit gleichen Buchstaben innerhalb eines Versuchs bzw. in V1 innerhalb jeder Sorte (α=5%).

Versuch	Sorte	Bodensamenvorrat Samen m^{-2}				Bodensamenvorrat % des Samenfalls			
		BB1	BB2	BB3	BB4	BB1	BB2	BB3	BB4
V1	Liberator	983 *(6,81)*^{A}	0 *(-2,30)*^{B}	1399 *(7,05)*^{A}	75 *(-0,30)*^{B}	9,8	0,0	14,0	0,8
	Artus	794 *(6,59)*^{A}	38 *(-0,47)*^{B}	378 *(5,07)*^{A}	151 *(-0,13)*^{B}	7,9	0,4	3,8	1,5
V2	Liberator	378^{A}	38^{B}	189^{A,B}	227^{A,B}	28,5	2,9	14,3	17,1
V3	Liberator	302 *(0,27)*^{A}	-	-	-	9,3	-	-	-
	Artus	0 *(0,01)*^{B}	-	-	-	0,0	-	-	-
	Bristol	151 *(0,15)*^{A,B}	-	-	-	4,3	-	-	-
	Capitol	340 *(0,28)*^{A}	-	-	-	10,7	-	-	-

Ein halbes Jahr nach dem Samenfall war in der Regel die größte Menge persistenter Samen aufzufinden, wenn eine sofortige Einarbeitung des Samenmaterials durch Stoppelbearbeitung erfolgt war (BB1 und BB3). In dieser Variante waren die Samen durch unverzügliche Stoppelbearbeitung und späteres tiefes Verlagern durch den Einsatz von Pflug oder Grubber von Beginn an Umweltfaktoren wie Dunkelheit und Wasserstress ausgesetzt, die für die Induktion sekundärer Dormanz entscheidend sind. Samen, die für längere Zeit auf der Bodenoberfläche liegen, könnten diesem Reaktionsschema zufolge kaum sekundäre Dormanz erlangen und wären darüber hinaus Prädatoren an der Bodenoberfläche ausgesetzt. Die vorliegenden Ergebnisse stützen die Aussage, dass ein längeres Unterlassen der Bodenbearbeitung auf der Stoppel den potenziellen Bodensamenvorrat wirkungsvoll reduziert (Gruber et al. 2003; Pekrun et al. 1998, Pekrun und Claupein, 1999). Allerdings war auch in der Direktsaatvariante von V2 ein hoher Anteil persistierender Samen vorhanden, was sich möglicherweise auf die Strohbedeckung zurückführen lässt. Generell sind in V2, der mit Ausfallraps aus Druschverlusten durchgeführt wurde, die anteilig persistenten Samenmengen höher als in den Versuchen, in denen die Samen nur ausgestreut wurden. Die Strohbedeckung bzw. Strohbeimischung schützte die Samen möglicherweise vor Fraß, und könnte auch durch Beschattung und Feuchteregulation auf dem und im Boden sekundäre Dormanz von Samen gefördert haben.

In allen Varianten von V1 hatten Samen der Sorte Liberator stärker überdauert als Samen der Sorte Artus. Beim Vergleich der vier Sorten in V3 bei einheitlicher Bodenbearbeitung (BB1) waren signifikante Sortenunterschiede, auch zwischen Libe-

rator und Artus, festzustellen. Neben der Sorte Capitol wies die Sorte Liberator ein vergleichsweise hohes Bodensamenpotenzial auf.

Aufgrund der witterungsbedingten Spätsaat der Folgefrucht Winterweizen und der Trockenheit im Frühjahr 2003 waren aus dem Bodensamenvorrat hervorgehende Unkrautrapspflanzen erst Mitte April 2003 zu finden. Ein Teil dieser Keimlinge war bis zum 29.05.2003 zu kräftigen Pflanzen mit Knospen herangewachsen, die jedoch noch nicht blühten. Zu diesem Zeitpunkt war die Blüte benachbarter Raps-Praxisbestände bis auf Nachblüher bereits abgeschlossen, so dass über Pollenflug im Versuchsjahr 2003 nur ein begrenzter Gentransfer auf andere Rapsbestände stattfinden konnte.

Im Gegensatz dazu waren im vorangegangenen Versuchsjahr mit der gleichen Versuchsfrage ab März Rapspflanzen aus dem Bodensamenvorrat aufgelaufen, die Anfang Mai zur Blüte kamen und leicht mit anderen Rapsbeständen auszukreuzen konnten (Gruber et al. 2003). Diese Pflanzen hatten eine neue, lebensfähige Samengeneration gebildet, die potenziell den Bodensamenvorrat wieder auffüllen oder in das Erntegut gelangen konnte.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass Gentransfer über Durchwuchsraps sowohl in zeitlicher als auch in räumlicher Hinsicht deutlich eingeschränkt werden kann, wenn der Boden nach dem Samenfall mehrere Wochen unbearbeitet bleibt. Dabei sind allerdings reine Direktsaatsysteme nicht geeignet, Unkrautraps und das daraus resultierende Potenzial für einen Gentransfer zu minimieren. Zusätzlich bietet die Sortenwahl eine Chance, den Gentransfer zu regulieren.

Literatur

Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W. 2002: Variation of secondary dormancy in genetically modified and conventionally bred oilseed rape. VII. Congress of the European Society for Agronomy, Córdoba, Spain, 15–18 July 2002

Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W., 2003: Population dynamics of volunteer oilseed rape (Brassica napus L.) affected by tillage. Eur. J. Agr. (in press)

Pekrun, C., Claupein, W., 1999. Bedeutung der Stoppelbearbeitung als pflanzenbauliche Maßnahme zur indirekten Unkrautkontrolle. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 12, 59 – 60

Pekrun, C., Ripfel, H., Albertini, A., Lutman, P.J.W., Claupein, W., 1998. Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Ausbildung einer Samenbank bei Raps – Ergebnisse von sechs Standorten in England und einem in Österreich im Jahre 1997. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 11, 51–52

Pekrun, C., Claupein, W., 2002: Zu Ausfallverlusten von Raps sowie der Verteilung von Rapssamen und -stroh nach der Ernte. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 191–192

Price, J.S., Hobson, R.N., Neale, M.A., Bruce, D.M., 1996. Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape. J. agric. Engng. Res. 65, 183–191

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 152–155 (2003)

Wirkung von erhöhter atmosphärischer CO_2-Konzentation auf die Bestandesevapotranspiration: Kompensatorische Effekte des Blattflächenindex?

Stefan Burkart, Remy Manderscheid und Hans-Joachim Weigel *

Einleitung

Kenntnisse über Wasserbilanzen unter erhöhter atmosphärischer CO_2-Konzentration sind für die Modellierung des Pflanzenwachstums unter zukünftigen Klimabedingungen von Bedeutung. Die Evapotranspiration E_C eines Pflanzenbestandes ist die Summe der H_2O-Flüsse aus dem Boden und aus den Pflanzen. Der pflanzliche Anteil von E_C steigt mit dem Blattflächenindex LAI. Gleichzeitig wird durch den steigenden Bodenbedeckungsgrad der Anteil der Bodenevaporation kleiner. Erhöhte CO_2-Konzentrationen verringern die stomatäre Leitfähigkeit und somit E_C. Ausserdem stimuliert CO_2 über erhöhte Photosyntheseraten das Blattflächenwachstum. Modellierungsansätze in der Literatur zeigen, dass diese Effekte die reduzierende Wirkung der CO_2-Anreicherung auf E_C (FACE-Effekt) nahezu kompensieren können (Gottschalck et al. 2001, Wilson et al. 1999). Es gibt jedoch keine experimentellen Untersuchungen zu dieser Fragestellung. In unserem Beitrag werden diese Modellierungsansätze mit Ergebnissen von Kammermessungen von E_C mit Manipulation des LAI über die Bestandesdichte verglichen. Die Daten wurden 2003 erhoben.
Arbeitshypothese:

1. junger Bestand:
Es gibt wegen der geringen Temperaturen noch keine Stimulation des Blattwachstums durch FACE. Bei sehr geringer Bodenbedeckung kompensiert die Bodenevaporation den FACE-Effekt. Deshalb verringert eine Ausdünnung des Bestandes den FACE-Effekt auf E_C.

2. adulter Bestand:
FACE stimuliert das Blattwachstum. Durch den Bestandesschluss spielt die Bodenevaporation eine geringere Rolle. Der adulte Bestand weist eine schlechtere Koppelung mit der Atmosphäre auf. Deshalb ist der FACE-Effekt klein. Die Halbierung der Blattfläche wird die Koppelung mit der Atmosphäre verbessern und den FACE-Effekt verstärken.

Material und Methoden

Auf einem Versuchsfeld (20 ha Ackerland) mit Wintergerste („Theresa“) wurde die atmosphärische CO_2-Konzentration über Teilflächen (ca. 600 m^2) mit Hilfe einer kammerlosen Freilandbegasungstechnik (FACE) auf 550 ppm CO_2 erhöht (Weigel & Dämmgen 2000). Der Bestandesgaswechsel (CO_2/H_2O) wurde mit einem selbst entwickelten Kammersystem (offene Gaswechselkammern; ca. 1,2 m^2 Grundfläche, (Burkart et al. 2000)) unter heutigen (380 ppm) und erhöhten CO_2-Konzentrationen (550 ppm) kontinuierlich vom Stadium 28 bis zum Beginn der Fahnenblattseneszenz gemessen.

* Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig, ++49/531/596-2546, stefan.burkart@fal.de

Zu den Stadien 30 und 55 wurden in 1,2 m^2 grossen Plots jede 2. Pflanze entfernt und der LAI dadurch halbiert (Tab. 1). Diese Flächen lagen ausserhalb der FACE-Ringe, d.h. es gab vor Beginn der Gaswechselmessungen keinen Einfluss von FACE auf diese Stellen. Die Strahlungsabsorption und der Blattflächenindex der Bestände wurde mit einem Sunscan-Gerät erfasst. Die H_2O-Flüsse wurden ab den o.g. Stadien für ca. 2 Wochen gemessen: Kontrolle und FACE, jeweils mit vollem LAI (100% LAI) bzw. halbem LAI (50% LAI). Gezeigt werden Tagesmittelwerte von EC.

Ergebnisse und Diskussion

FACE verringerte E_C im April um 25% bei vollem LAI, jedoch bei halbiertem LAI nur um 10% (Abb. 1). In diesem frühen Stadium war der Anteil der Blätter an der gesamten evaporativ wirksamen Fläche relativ klein und der Bodenanteil an der gesamten transpirierenden Fläche noch erheblich. Deshalb wirkte sich FACE nur wenig auf den H_2O–Fluss des ausgedünnten Bestandes aus.

Auf E_C der adulten Bestände im Mai hatte weder FACE noch die Ausdünnung der Bestände Einfluss. Bei halbiertem LAI schien E_C auf FACE zu reagieren. Dies war aber statistisch nicht abzusichern.

Tab.1: Blattflächenindices, Wuchstadien und Höhe der Wintergerste-Bestände unter verschiedenen CO_2-Konzentrationen (380 ppm - con, 550 ppm – FACE)

Messperiode		LAI		Stadium	Höhe
		FACE	con		
April					
9.-28.4. 2003	100% LAI	1.6	1.2	30	15 cm
	50% LAI	0.6	0.6		
Mai	100% LAI	3.9	3.3	55	90 cm
19.-30.5. 2003	50% LAI	1.7	1.7		

Abb. 2. zeigt den relativen FACE-Effekt auf E_C der 100%-LAI-Bestände im Verlauf der Vegetationsperiode, und zusätzlich die Werte der 50%-LAI-Bestände. Den stärksten Effekt auf E_C zeigte FACE in der Mitte dieser Periode. Zu Beginn kompensierte die Bodenevaporation die Wirkung von FACE. Beim adulten Bestand hingegen, d.h. nach dem Ährenschieben, war der FACE-Effekt ebenfalls nur gering. Die langen Grannen der Ähren bilden eine homogene Bestandesoberfläche und verschlechtern so die Koppelung zwischen Atmosphäre und Bestand. Messungen in den vorigen Jahren an Wintergerste (2000) und Winterweizen ergaben ebenfalls einen Trend zur Reduktion des FACE-Effekts nach dem Ährenschieben.

Durch das Ausdünnen der Bestände wurden diese kompensatorischen Effekte nur minimal abgeschwächt. Die Halbierung des LAI reduzierte beim adulten Bestand die Strahlungssabsorption nicht in dem Maße wie beim jungen Bestand. Deshalb spielt die Bodenevaporation hier nur eine geringe Rolle. Die Stimulation des Blattwachstums wirkt sich ebenfalls nur wenig aus, da bei geschlossenem Bestand ein höherer LAI keinen grösseren Anteil der von der Sonne beschienenen Blätter zur Folge hat und die Ähren die Blätter teilweise abschatten. Der saisonale Verlauf des FACE-Effekts auf E_C ist vergleichbar mit den Ergebnissen des Modellierungsansatz von Wilson et al (1999), die jedoch Sojabohne (mit einer anderen Bestandesstruktur)

untersuchten und gegen Ende ihrer Vegetationsperiode keine Reduktion des FACE-Effektes fanden.

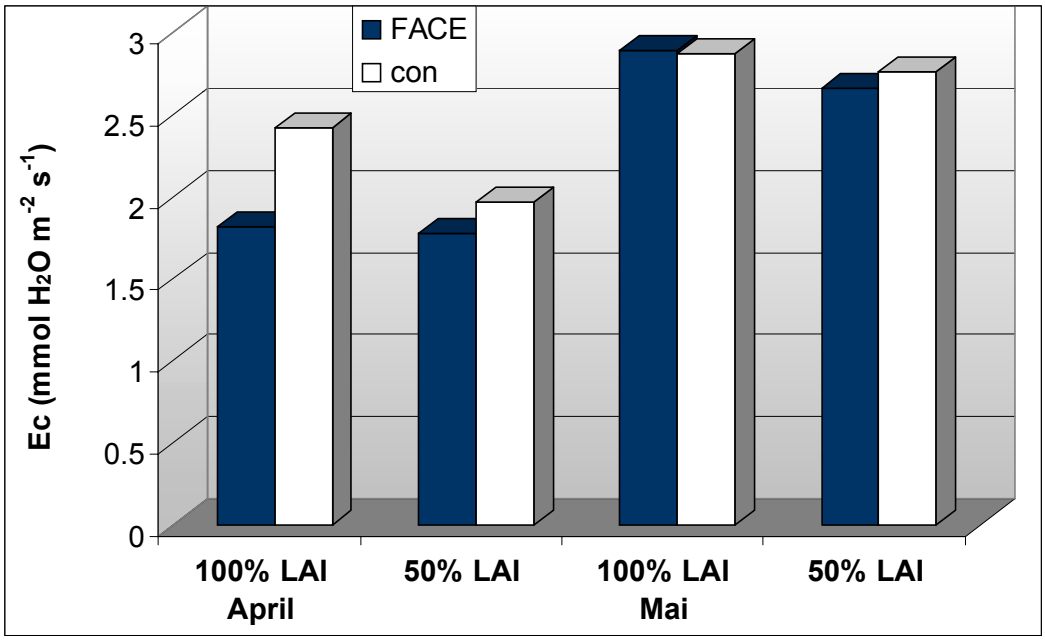


Abb. 1: Wirkung von atmosphärischer CO_2-Konzentration (380 ppm - con, 550 ppm – FACE) und Blattflächenindex (100% LAI – voller Bestand, 50% LAI – halbierte Pflanzdichte) auf die Bestandesevapotranspiration von Wintergerste im jungen (April) und adulten Bestand (Mai, vgl. Tab. 1)

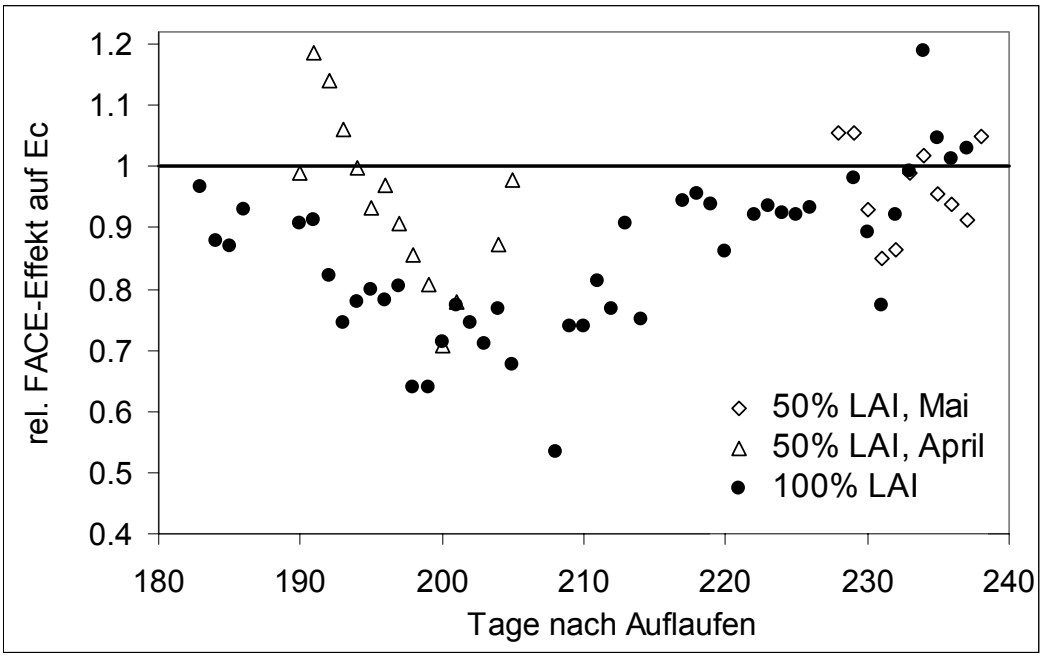


Abb. 2: Saisonaler Verlauf des relativen FACE-Effektes auf die Evapotranspiration E_C von Wintergerste (E_C(550 ppm)/E_C(380 ppm)) unter vollem LAI (100% LAI) und halbiertem LAI (50% LAI).

Literatur

Burkart, S., Manderscheid, R., Weigel, H.-J., 2000. Interaction of photosynthetic flux density and temperature on canopy photosynthesis of spring wheat under different CO2 concentrations. J. Plant Physiol. 157, 31-39.

Gottschalck, J., Gillies, R., Carlson, T., 2001. The simulation of canopy transpiration under doubled CO2: The evidence and impact of feedbacks on transpiration in two 1-D soil-vegetation-atmosphere-transfer models. Agric. For. Meteorol. 106, 1-21.

Weigel,H.J.; Dämmgen,U. 2000. The Braunschweig Carbon Project: Atmospheric flux monitoring and free air carbon dioxide enrichment (FACE). J. Appl. Bot. 74, 55-60.

Wilson, K., Carlson, T., Bunce, J. 1999. Feedback significantly influences the simulated effect of CO2 on seasonal evapotranspiration from two agricultural species. Glob. Change Biol. 5, 903-917.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 156–157 (2003)

Virtuelle Bestände: Modellierung der Architektur und Lichtaufnahme

Kahlen, K. und Stützel, H.*

Pflanzen sind modular aufgebaute Organismen, die als Ressourcen Licht, Wasser und Nährstoffe aus dem sie umgebenden dreidimensionalen Raum nutzen. Die sich ständig verändernde Architektur einer Pflanze ist mitentscheidend für die Interaktion von Pflanze und Umgebung. Darüber hinaus beeinflusst die Architektur der Pflanze zu jedem Zeitpunkt die zukünftige Entwicklung der Pflanze. Trotz dessen ist die räumliche Dynamik der Pflanzenentwicklung verhältnismäßig unerforscht.

Das liegt vor allem an der Schwierigkeit, dreidimensionale Daten zur Pflanzengeometrie zu erfassen, während die Pflanze wächst und sich zudem auch noch entwikkelt. Neuere Entwicklungen in der Digitalisierungs- und Computertechnik lassen nun detaillierte Studien der Pflanzen- und Bestandesarchitektur zu.

Diese Erkenntnisse lassen sich nutzbar machen, indem man “virtuelle Bestände“ erzeugt. Dies sind Computer-Simulationen der strukturellen Entwicklung und des Wachstums eines Pflanzenbestandes im dreidimensionalen Raum. Dabei ist die Geometrie eines Bestandes im allgemeinen nicht nur die Vervielfachung von Einzelpflanzengeometrien. So können beispielsweise unterschiedliche räumliche Anordnungen zu verschiedenen Blattorientierungen führen (Maddonni *et al.*, 2001) oder es sind unterschiedliche Verteilungen der beschatteten Blattflächen zu erwarten (Thanisawanyangkura *et al.,* 1997). Auch der Ertrag verdoppelt sich nicht generell, wenn die Bestandesdichte verdoppelt wird.

Viele Ertragbildungsmodelle nutzen den Licht-Extinktionskoeffizienten, um den Anteil der vom Bestand aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung zu bestimmen. Dieser Parameter hängt u.a. direkt von der Pflanzen- und Bestandesgeometrie ab. Virtuelle Bestände sollen nun genutzt werden, um den Zusammenhang von Bestandesarchitektur und Lichtaufnahme zu analysieren. Dazu wird erläutert, wie virtuelle Bestände in Bezug auf Architektur und Lichtaufnahme aussehen können.

Lindenmayer-Systeme (Prusinkiewicz und Lindenmayer, 1990) nutzen morphologische Entwicklungsregeln zur Abbildung der Pflanzenarchitektur. Wiederholt ausgeführte Entwicklungsregeln führen zur Erscheinung neuer Pflanzenmodule, deren Wachstum und Sterben. Die Regeln können durch morphologische Parameter ergänzt werden, wie beispielsweise die Form, Länge und Dicke von Internodien. Die Formulierung von Lindenmayer-Systemen erfordert u.a. eine detaillierte Kenntnis der Pflanzenarchitektur. Daher wurde die dreidimensionale Geometrie mittels der Digitalisierungstechnik bestimmt. Als Grundlage dient ein Gewächshausversuch mit Gurke, der von Mai bis Juli 2002 durchgeführt wurde. Versuchsanlage war ein vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen und den Faktoren Bestandesdichte und Verteilung im Raum (isometrisch oder Reihe). Genutzt wurde ein 3D Digitizer (Fastrak, Polhemus), um räumliche Koordinaten von Punkten zu bestimmen.

Aus den digitalisierten Daten können virtuelle Pflanzen- und Bestandesgeometrien rekonstruiert, Bilder virtueller Pflanzen erzeugt und morphologische sowie umgebungsbedingte Parameter abgeleitet werden.

* Institut für Gemüse- und Obstbau, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

Literatur

Maddonni, G.A., Chelle, M., Drouet, J.-L., und B. Andrieu (2001): Light interception of contrasting azimuth canopies under square and rectangular plant spatial distributions: simulations and crop measurements, Field Crops Research 70, 1-13.

Thanisawanyangkura, S., Sinoquet, H., Rivet, P., Cretenet., M. und E. Jallas (1997): Leaf orientation and sunlit leaf area distribution in cotton, Agricultural and Forest Meteorology 86, 1-15.

Prusinkiewicz, P. und Lindenmayer, A. (1990): The Algorithmic Beauty of Plants. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 158–160 (2003)

Wechselwirkung von CO_2-Anreicherung unter Feldbedingungen (FACE) und Stickstoffversorgung auf Wachstum und Ertrag von Zuckerrüben

Remy Manderscheid, Cathleen Frühauf und Hans-Joachim Weigel*

Einleitung

Im Rahmen des „Braunschweiger Kohlenstoffprojekts“ des Instituts für Agrarökologie wird untersucht, wie landwirtschaftliche Kulturpflanzen auf den Anstieg der atmosphärischen Kohlenstoffdioxid (CO_2)-Konzentrationen reagieren, der in den nächsten 50-100 Jahren erwartet wird. Im vorliegenden Teilprojekt wurde die Wirkung erhöhter CO_2-Konzentrationen bei konventioneller und reduzierter Stickstoffversorgung auf funktionale Wachstumsparameter (Blattflächenindex, Strahlungsabsorption, Trokkenmasse) sowie den Ertrag von Zuckerrüben analysiert.

Erhöhte atmosphärische CO_2-Konzentrationen können das Pflanzenwachstum theoretisch über zwei unterschiedliche Mechanismen steigern, nämlich über eine Erhöhung der Photosyntheserate bzw. der Strahlungsausnutzungseffizienz, deren Stimulation durch die atmosphärische CO_2-Konzentration temperaturabhängig ist (Manderscheid et al., 2003), und/oder über eine Erhöhung der grünen Blattfläche bzw. der Strahlungsaufnahme. Letzteres ist insbesondere interessant, da CO_2-Anreicherung eine Erhöhung der Temperatur von Zuckerrübenbeständen bewirkt (siehe Posterbeitrag Manderscheid et al.) und da bekannt ist, dass das Blattwachstum von der Temperatur gesteuert wird (Milford et al., 1985).

Das Ziel dieses Experiments war daher zu prüfen, ob die CO_2-Anreicherung die Entwicklung des Blattapparates über eine Vergrößerung der Blattzahl pro Pflanze oder der Einzelblattgröße beeinflußt und so über eine Erhöhung des Blattflächenindex bzw. der Strahlungsaufnahme des Bestandes zu einer Wachstums- und Ertragssteigerung führt.

Material und Methoden

Auf einem Versuchsfeld der FAL wird seit 1999 eine kammerlose Freiland-CO_2-Begasungsvorrichtung (Free Air Carbon Dioxide Enrichment [FACE]) betrieben, mit der auf zwei Kreisflächen (Durchmesser 20 m) der atmosphärische CO_2-Gehalt auf ca. 550 ppm angehoben wird. Als Kontrolle dienen zwei Ringe, die mit normaler Luft beaufschlagt werden. Die beiden Ringhälften werden mit unterschiedlichen Stickstoffmengen versorgt (reduziert, N50; konventionell, N100). Jeder Halbkreis ist aufgeteilt in zwei Teilflächen, sodass insgesamt vier Wiederholungen pro Behandlung zur Verfügung stehen.

Im Herbst 1999 wurde das erste Experiment mit Wintergerste gestartet und im Frühjahr 2001 wurde der Fruchtfolgeversuch mit Zuckerrüben (*Beta vulgaris var. altissima* cv. „Wiebke“) fortgesetzt. Zur Reduktion der Streuung bei den Wachstumsmessungen wurde die Pflanzendichte nach dem Auflaufen der Zuckerrüben in allen Versuchsparzellen auf ein einheitliches Mass von 12 Pflanzen pro m^2 eingestellt. Das saisonale Tagesstundenmittel der atmosphärischen CO_2-Konzentration betrug in den Kontrollringen 371 ppm und in den angereicherten Ringen 550 ppm. Die mineralische N-Düngung (Ammoniumnitrat-Harnstofflösung) belief sich auf 63 kg N ha^{-1} (N50) bzw. 126 kg N ha^{-1} (N100). Um Bodentrockenheit als Einflussgröße auszuschließen, wurde die Versuchsfläche beregnet, sobald die nutzbare Feldkapazität

* Institut für Agrarökologie, FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

unter ca. 60% gesunken war. Anfang August wurde auf der Hälfte der Versuchsfläche eine Infektion mit dem Rhizomania-Virus diagnostiziert. Die Wirkungserhebungen wurden ab diesem Zeitpunkt auf die befallsfreie Hälfte der Versuchsfläche beschränkt. Anfänglich wurden pro Behandlung vier Parzellen von 2 m^2 (23 Pflanzen) und bei der Erntetermin von 4,6 m^2 (54 Pflanzen) beprobt. An drei Ernteterminen wurde die pflanzliche Biomasse, die Verteilung auf die einzelnen Organe sowie die Blattfläche gemessen. Außerdem wurden in regelmäßigen Abständen an markierten Pflanzen die Blattzahl ermittelt und die Absorption der photosynthetisch aktiven Strahlung durch den grünen Bestand gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Am Saisonende wurden in der N100-Variante im Mittel ca. 2 Blätter mehr pro Pflanze gezählt als in der N50-Variante (Abb. 1). FACE hatte keinen signifikanten Einfluß auf diese Zahl. Der grüne Blattflächenindex (GLAI) war abhängig von der N-Versorgung und zeigte zu Beginn eine positive und gegen Ende eine negative Reaktion auf die CO_2-Anreicherung (Tab. 1). Diese saisonal unterschiedlichen FACE-Effekte beruhten auf entsprechenden Änderungen der Einzelblattgröße (Masse und Fläche). Es gab keine signifikante CO_2 x N Interaktion.

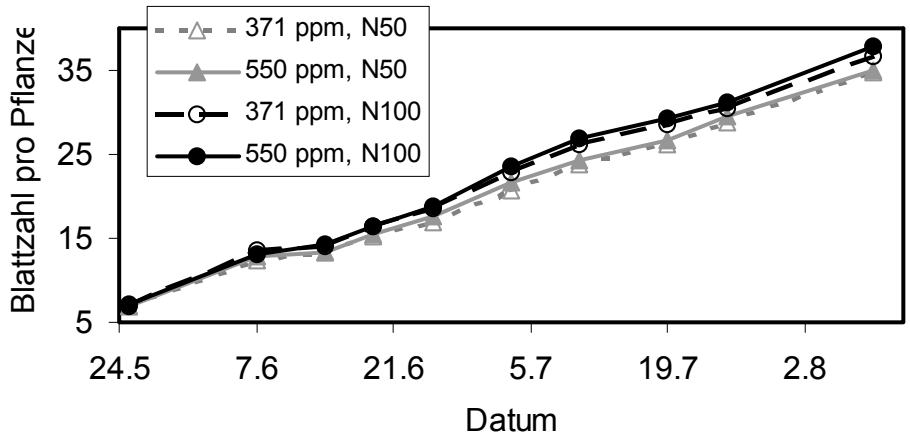


Abb. 1: Wirkung von N- und CO_2-Versorgung auf die Blattzahl pro Pflanze.

Tab. 1: Wirkung von N- und CO_2-Versorgung auf den Blattapparat von Zuckerrüben. „N“ und „C“: p-Werte für N- und CO_2-Effekt, n.s.: p>0.10; % = % FACE-Effekt.

Variable	Düngung	28. Juni Kontr.	28. Juni +CO_2	% Eff.	22. Aug Kontr.	22. Aug +CO_2	% Eff.	24. Sept Kontr.	24. Sept +CO_2	% Eff.
GLAI (m^2 m^{-2})	N50	3.05	3.36	+10	3.34	3.25	-3	2.16	1.49	-31
	N100	3.58	4.13	+15	5.01	3.65	-27	3.35	2.76	-18
		0.01N	0.08C		0.005N	0.08C		<0.001N	0.001C	
Einzelblattgewicht (g)	N50	0.84	0.98	+17	0.54	0.50	-7	0.435	0.320	-26
	N100	1.27	1.30	+2	0.74	0.67	-9	0.631	0.523	-17
		<0.001	0.09		<0.001	n.s.		<0.001	<0.001	
Einzelblattfläche (cm^2)	N50	143	161	+13	82.9	74.3	-10	64.1	40.9	-36
	N100	183	199	+9	119	94.9	-20	91.9	70.7	-23
		<0.001	<0.001		<0.001	0.03		<0.001	<0.001	

Die Meßwerte zur Strahlungsabsorption der Bestände zeigten keinen signifikanten CO_2-Effekt aber einen deutlichen Düngeeffekt. Eine PAR-Absorption durch den Be-

stand von 80% wurde in der N100-Variante am 21. Juni erreicht und in der N50-Variante erst 9 Tage später.

Die Halbierung der N-Menge bewirkte eine Minderung der Nettoprimärproduktion um ca. 17%. Die Rübenfrischmasse war nur um 10% verringert, sodass bei annähernd gleichem Zuckergehalt der bereinigte Zuckerertrag nur um 9% reduziert war.

Die CO_2-Anreicherung führte zu einer Zunahme des Rübenfrischgewichts, des Zuckergehalts und des bereinigten Zuckergehalts (Tab. 2). Der CO_2-Effekt war in der niedrigen Düngungsvariante mit +13% etwas größer als in der Variante mit normaler Stickstoffdüngung (+11%), was auf entsprechend größeren CO_2-Wirkungen auf die ertragsrelevanten Rübeninhaltsstoffe basierte.

Tab. 2: Wirkung von N- und CO_2-Versorgung auf Biomasse und Zuckerertrag. Angegeben sind die Mittelwerte (+Standardabw.) von vier beprobten Parzellen.

	63 kg N ha^{-1}			126 kg N ha^{-1}		
Variable	371 ppm	550 ppm	%Diff	371 ppm	550 ppm	%Diff
Trockenmasse gesamt (t ha^{-1})	19,2 +0,9	20,4 +0,6	6,1	22,9 +0,8	24,8 +0,4	8,1
Rübenfrischmasse (t ha^{-1})	61,1 +2,5	66,2 +2,1	8,4	68,1 +0,9	73,3 +3,3	7.8
Zuckergehalt (%)	16,5 +0,2	17,2 +0,3	4,4	16,3 +0,1	16,7 +0,3	2,4
bereinigter Zuckergehalt (%)	14,8 +0,2	15,4 +0,3	4,6	14,5 +0,2	14,9 +0,3	2,8
bereinigter Zuckerertrag (t ha-1)	9,02 +0,2	10,2 +0,3	13,3	9,86 +0,1	10,9 +0,2	10,8

Die anfängliche GLAI-Zunahme entspricht den theoretischen Erwartungen und läßt sich auf die Stimulation der Photosynthese unter FACE zurückführen. Der Abfall des GLAI im Spätsommer war unerwartet. Berechnet man die Strahlungsaufnahme mit Hilfe der Meßwerte zum GLAI, so erhält man für die Septemberernte eine CO_2-bedingte Reduktion der Strahlungsaufnahme von ca. 5% in der N100-Variante und von 15% in der N50-Variante. Es ist zu vermuten, dass eine derartige Minderung der Strahlungsaufnahme zu einer Abschwächung des positiven FACE-Effekts auf das Pflanzenwachstum und den Ertrag führt. Eine beschleunigte Bestandesseneszenz wurde kürzlich auch bei der Kartoffel festgestellt (Harcour et al., 2002). Eine eindeutige Erklärung für diesen Abfall des GLAI unter CO_2-Anreicherung gibt es bisher noch nicht. Dieses Phänomen soll daher bei der Wiederholung des Versuches im nächsten Jahr genauer untersucht werden.

Literatur

Hacour, A.; Craigon,J.; Vandermeiren,K.; Ojanpera,K.; Pleijel,H.; Danielsson,H.; Hogy,P.; Finnan,J.; Bindi,M., 2002. CO_2 and ozone effects on canopy development of potato crops across Europe. Europ. J. Agronomy 17, 257-272.

Manderscheid, R.; Burkart, S.; Bramm, A.; Weigel, H.-J., 2003. Effect of CO_2 enrichment on growth and daily radiation use efficiency of wheat in relation to temperatur and growth stage. Europ. J. Agronomy 19, 411-425.

Milford,G.F.J.; Pocock,T.O.; Riley,J., 1985. An analysis of leaf growth in sugar beet. I. Leaf appearance and expansion in relation to temperature under controlled conditions. Ann.Appl.Biol. 106, 163-172.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 161–163 (2003)

Stickstoffnutzungseffizienz unterschiedlicher Maisgenotypen – Screening mittels Reflexionsmessungen

Simone Graeff, Wilhelm Claupein*

Einleitung

Durch die Intensivierung des Maisanbaus in den vergangenen Jahrzehnten stieg die Belastung des Grundwassers mit Nitrat und Pflanzenschutzmitteln stark an. Im Rahmen der SchALVO (Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung) fördert der Gesetzgeber in Baden-Württemberg verschiedene Maßnahmen zum Schutz der Trinkwassereinzugsgebiete. Die dabei angestrebte Reduzierung der Stickstoffdüngung führt zu einem Bedarf an Maissorten, die auch bei geringer N-Versorgung gute Erträge erzielen. Zur Selektion effizienter Maissorten in Züchtungsverfahren sind bislang jedoch aufwendige Screenings in Feldversuchen mit einem hohen personellen Einsatz notwendig. Im Forschungsbereich Precision Farming sind optische Sensoren vorhanden, die den Stickstoffstatus von Pflanzen auf einfache Art und Weise ermitteln. Der Einsatz dieser Technik könnte zu einer Vereinfachung und Beschleunigung des Selektionsprozesses N-effizienter Maisgenotypen beitragen. Im Rahmen dieser Studie wurde daher der Einsatz von Reflexionsmessungen für eine vereinfachte und schnelle Selektion N-effizienter Maisgenotypen im Feldversuch überprüft.

Material und Methoden

In einem Feldversuch auf der Versuchsstation „Heidfeldhof“ der Universität Hohenheim wurde der Unterschied der Reflexion verschiedener Maisgenotypen unter zwei N-Versorgungsstufen (0 und 160 kg N ha^{-1}) bei ansonsten identischer Bestandesführung geprüft. Es wurden 2 Inzuchtlinien (TH und SL) und die daraus resultierende Hybriden (THx und SLx) hinsichtlich Reflexionsunterschieden zu unterschiedlichen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode untersucht. Die Inzuchtlinien bzw. Hybriden wurden unter dem Gesichtspunkt der sortenspezifischen N-Effizienz ausgewählt. Die gewählte Inzuchtlinie TH zeichnete sich durch eine niedrige, die Inzuchtlinie SL durch eine hohe N-Effizienz aus.

Reflexionsmessungen wurden von Ende Mai bis Anfang September durchgeführt. Es wurde jeweils die Reflexion des vierten Blattes der Maispflanzen gemessen. Die Blätter wurden mit einer digitalen LEICA S1 Kamera wurden unter kontrollierten Lichtverhältnissen (MikroSun 21D HMI, 21W, Sachtler, Deutschland) gescannt. Durch den Einsatz unterschiedlicher Longpass-Filter (Maier Photonics, Manchester, USA) wurden mehrere Wellenlängenbereiche herausgefiltert und das gesamte Tageslichtspektrum in kleine Spektralbereiche aufgeschlüsselt. Die Scans wurden im L*a*b*-Farbraum (CIE, 1986) mit der Software Adobe Photoshop® 5.0 ausgewertet.

Der L*a*b*-Farbraum ist ein dreidimensionaler Farbraum, wobei der Parameter a* den Grün/Rot-Anteil und der Parameter b* den Blau/Gelb-Anteil einer Farbe beschreibt. L* spezifiziert die Helligkeit einer Farbe.

Die Blätter wurden in regelmäßigen Abständen 1x pro Woche gescannt, um so zeitlich versetzt auftretende Veränderungen in der Stickstoffversorgung der Pflanze bzw. Remobilisierungsvorgänge nachvollziehen zu können. Die Versuche waren als vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Mit Hilfe des

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Statistikprogramms Sigma.Stat 2.0 (Jandel Scientific) wurden Varianzanalysen durchgeführt und die Grenzdifferenz für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% (α=0,05) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Vorläufige Ergebnisse des Erntejahres 2002 ergaben zwischen den Versuchsgliedern statistisch gesicherte Unterschiede hinsichtlich des Ertrages (Tabelle 1) sowie der Reflexion (Abb. 1) in Abhängigkeit der N-Effizienz der Genotypen.

Tabelle 1 gibt die Ergebnisse des Kornertrages der beiden Hybriden für das Jahr 2002 wieder. Unter niedriger N-Versorgung wies die SLx Hybride einen signifikant höheren Kornertrag auf als THx. Unter hoher N-Versorgung konnten keine Unterschiede im Kornertrag festgestellt werden.

Tab. 1: Kornertrag bei unterschiedlich N-effizienten Maisgenotypen zur Ernte 2002.

Kornertrag (Basis 100% Trockenmasse)				
	Kornertrag (t/ha)		Kornertrag (t/ha)	
	N-low		N-High	
	MW	F-test	MW	F-test
SLxTester	5.087	*	9.729	ns
THxTester	4.726		10.121	

Abbildung 1 zeigt, dass sich die Reflexionsspektren der N-effizienten SLx Hybride unter niedriger N-Versorgung von der ineffizienten THx Hybride unterschieden. Der b*-Wert war im Wellenlängenbereich 516-780 nm bei der Hybride THx am 22. Juli und 05. August im Vergleich zu SLx signifikant erhöht. Unter hoher N-Versorgung konnten keine Unterschiede in der Reflexion der beiden Hybriden festgestellt werden. Untersuchungen aus zahlreichen anderen Studien (Graeff et al., 2003) ergaben, dass der b*-Wert unter N-Mangel ansteigt. Die Ergebnisse dieser Studie deuten damit darauf hin, dass die THx Hybride in den Entwicklungsstadien BBCH 55-69 im Vergleich zu SLx eine geringere N-Versorgung aufwies. Dies konnte durch die parallel zu den Reflexionsmessungen durchgeführten chemischen Analysen der N-Konzentration in der Trockenmasse bestätigt werden.

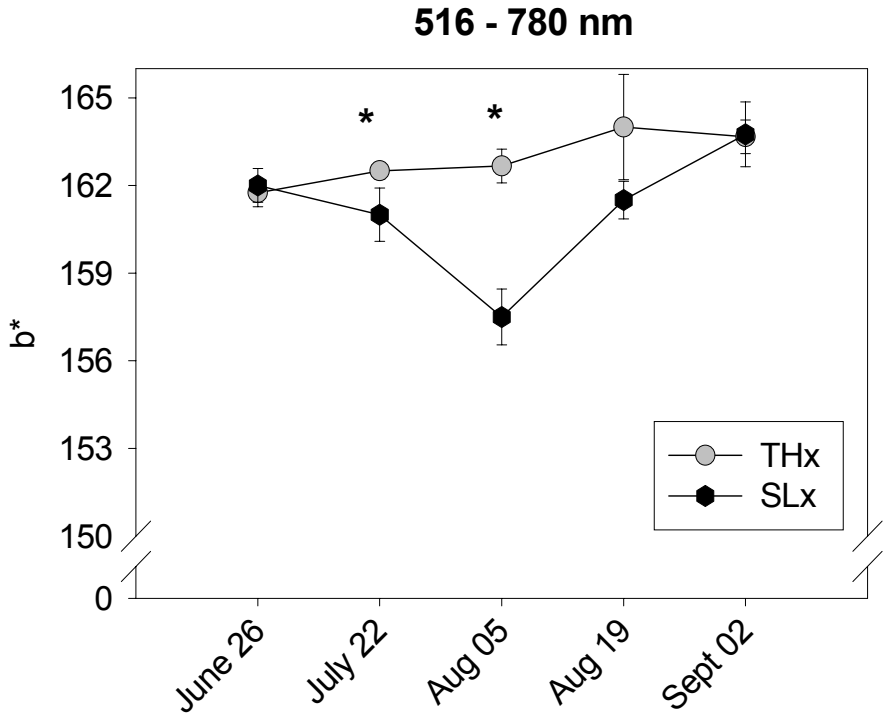


Abb. 1: Reflexionsänderungen im Verlauf der Vegetationsperiode der THx- und SLx-Hybriden bei niedriger N-Versorgung (MW, SF).

Die geprüften THx und SLx-Hybriden konnten unter niedriger N-Versorgung in den Wellenlängenbereichen 510-780 nm, 516-780 nm und 540-780 nm eindeutig anhand ihrer Reflexion unterschieden werden. Die Ergebnisse zeigten, dass Reflexionsänderungen insbesondere zum Zeitpunkt der Blüte auftraten. Aus den Messungen lässt sich daher folgern, dass das Entwicklungsstadium einen signifikanten Einfluss auf die aus Reflexionsmessungen abzuleitende N-Effizienz und hat und bei den Messungen berücksichtigt werden muss.

Optische Methoden stellen einen möglichen Ansatzpunkt zur Erfassung der N-Effizienz und damit eine mögliche Grundlage für vereinfachte Screeningmethoden dar. Zur Applikation der Methodik in laufenden Züchtungsprogrammen ist die Prüfung eines breiteren Genotypenspektrums sowie die Selektion eines für die Messung und die darauf basierende Ableitung der N-Effizienz geeigneten Wachstumsstadiums notwendig.

Literatur

CIE 1986. Colorimetry. 2nd ed., Publication CIE No. 15.2, Central Bureau of the Commission Internationale de L'Eclairage, Vienna

Graeff, S., Claupein, W. 2003. Quantifying nitrogen status of corn (*Zea mays* L.) in the field by reflectance measurements. Europ. J. Agr. (in press)

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 164–166 (2003)

Kühlestress bei Mais: Auf der Spur physiologischer und morphologischer Zusammenhänge mittels QTL Analyse

Leipner, J., Jompuk, C., Fracheboud, Y., Stamp, P.*

Einleitung

In den gemässigten Zonen Europas erweisst sich Mais in der frühen Entwicklungsphase als sehr sensitiv gegenüber kühler Witterung. In den vergangenen Jahren wurden grosse Anstrengungen unternommen, die Wirkungsweise von Kühlestress in thermophilen Pflanzen wie Mais besser zu verstehen (z.B. COST Action 814). Es hat sich gezeigt, dass schädliche Effekte niedriger Temperatur auf den photosynthetischen Apparat von besonderer Bedeutung für eine gute Jugendentwicklung des Maises sind. Diese beinhalteten sowohl lichtinduzierte Schädigungen am Photosystem II als auch Störungen der Chloroplastenentwicklung. Des Weiteren wurden Veränderungen im Assimilatetransport und in der Wurzelentwicklung beobachtet.

Der Vergleich von Genotypen unterschiedlicher Kühletoleranz erlaubt es, so genannte *bottlenecks* zu entdecken, deren Charakterisierung sowohl für das Verständnis der Stressmechanismen als auch für die weitere Züchtung von grosser Relevanz ist. Die Frage in welchen Merkmalen sich kühletolerante von kühlesensitiven Maisgenotypen unterscheiden, erhielt eine grosse Anzahl von teilweise sogar konträren Antworten. Da die meisten Untersuchungen nur mit einer geringen Anzahl an Genotypen durchgeführt wurden, besteht die Gefahr, dass rein zufällig die untersuchten physiologischen oder morphologischen Merkmale mit der Kühletoleranz korrelierten. Andererseits können Gene die Veränderung von mehreren, zum Teil sehr verschiedenen, Merkmalen verursachen. Diese pleiotropen Effekte können mit Hilfe der QTL (*quantitative trait loci*)-Analyse studiert werden.

Ziel unserer Forschung ist es, mittels QTL-Analyse physiologische beziehungsweise morphologische Merkmale zu finden, die relevant für die Kühletoleranz von Mais sind.

Material und Methoden

Als Versuchsmaterial dienten Mais-Populationen (*Zea mays* L.), die in der Kühletoleranz der Photosynthese segregierten. Die Elternlinien wurden ausgehend von Züchtungspopulation über 5 Generationen auf hohe bzw. niedrige aktuelle Quanteneffizienz des Photosystem II (ϕ_{PSII}) unter niedriger Mess- und suboptimaler Anzuchttemperatur selektiert (Fracheboud et al., 1999). Die genetischen Karten wurden in der F_2-Generation mittels SSR Marker (*simple sequence repeats*) erstellt. Phenotypische Untersuchungen wurden in der F_2 und $F_{2:3}$ Generation durchgeführt.

Gaswechsel und Chlorophyll Fluoreszenz wurde in parallel mit einem portablen Photosynthesesystem (LI-6400F, Licor, Lincoln, USA) gemessen. Blattgrünebestimmungen erfolgten mit einem SPAD-502 (Minolta, Japan). Für QTL Analysen mittels *Composite Interval Mapping* wurde das Programm Windows QTL Cartographer Version 2.0 verwendet.

* Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich, Universitätstrasse 2, 8092 Zürich, Schweiz

Ergebnisse und Diskussion

Werden Maispflanzen für längere Zeit niedrigen Temperaturen ausgesetzt, kann es zur Photoinhibition der Photosynthese kommen. Photoinhibition kann mit Hilfe des Chlorophyll Fluoreszenz Parameter F_v/F_m, welcher die maximale Quanteneffizienz von Photosystem II beschreibt, quantifiziert werden. Da sich F_v/F_m aus $(F_m-F_o)/F_m$ ergibt, kann eine Abnahme von F_v/F_m durch eine Abnahme der maximalen Fluoreszenz (F_m) oder durch eine Zunahme der minimalen Fluoreszenz (F_o) verursacht werden. Eine Herabregulierung von Photosystem II (PS II) führt zu ersterem, während ein Anstieg von F_o ein Indikator von lichtinduzierten Schäden am PS II darstellt. QTL Analysen in zwei segregierenden Maispopulationen, die unter suboptimaler Temperatur angezogen wurden, zeigten gemeinsame QTLs für F_v/F_m und F_o, aber nicht für F_v/F_m und F_m. Obwohl kühleinduzierte Photoinhibition durch eine markante Abnahme von F_m und damit durch eine Herabregulierung von PS II charakterisiert ist, scheinen genotypische Unterschiede auf der Widerstandsfähigkeit gegenüber kühleinduzierter bzw. lichtinduzierter Schädigungen des PS II zu beruhen.

Die photosynthetische Aktivität eines Maisblattes ist durch die Menge an Photonen, die vom PS II absorbiert wird, und durch die Effizienz des PS II bestimmt. Diese aktuelle Quanteneffizienz von PS II, ϕ_{PSII}, ist das Produkt aus der Quanteneffizienz offener PS II Reaktionszentren (F_v'/F_m') und dem Faktor *qP*. Letzterer wird auch "*photochemical quenching*" genannt und korreliert mit dem Redox-Zustand von Q_A, dem ersten stabilen Elektronenakzeptor im PS II. Die Verminderung von ϕ_{PSII}, die unter suboptimaler Anzuchttemperatur in Maispflanzen gemessen wurde, war mit einer Reduktion sowohl von *qP* als auch von F_v'/F_m' assoziiert. In der von uns untersuchten Maispopulation konnten jedoch keine gemeinsamen QTLs für ϕ_{PSII} und *qP* gefunden werden. Die enge Korrelation zwischen ϕ_{PSII} und F_v'/F_m' spiegelte sich in der Beobachtung wieder, dass sämtliche für ϕ_{PSII} detektierten QTLs auch für das Merkmal F_v'/F_m' auftraten. Dieses legt die Vermutung nahe, dass auf genetischer

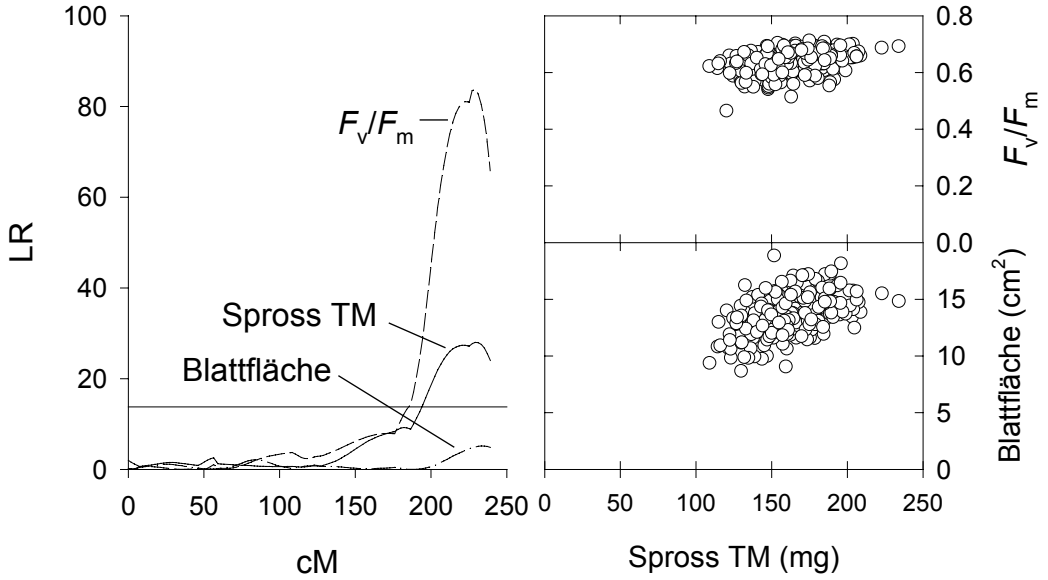


Abb. 1: Wahrscheinlichkeitsverhältnis (LR, *likelihood ratio*) von QTLs auf Chromosom 6 für die Merkmale Blattfläche, Sprosstrockenmasse und F_v/F_m (links) und im Vergleich dazu die Korrelationen zwischen Sprosstrockenmasse und Blattfläche und F_v/F_m in einer unter suboptimaler Temperatur angezogen segregierenden Dent-Mais-Population (rechts).

hauptsächlich von der Quanteneffizienz der offenen Reaktionszentren und nicht vom Redox-Zustand von PS II bestimmt wird. Ob die kühleinduzierte Reduktion von F_v'/F_m' auf einer Herabregulierung oder Schädigung von PS II beruhte, konnte nicht verifiziert werden.

Die Abhängigkeit der photosynthetischen CO_2-Fixierung von ϕ_{PSII} und von der Blattabsorption, beziehungsweise der Blattgrüne, zeigte sich in gemeinsamen QTLs für diese Parameter. In einer Dent-Mais-Population waren beide QTLs für CO_2-Fixierung mit denen für ϕ_{PSII} assoziiert. Eines der beiden QTLs konnte auch für Blattgrüne detektiert werden. Die QTL Analyse einer segregierenden exotischen Maispopulation zeigte, dass die Einflüsse von ϕ_{PSII} und Blattgrüne auf die CO_2-Fixierung zum Teil unabhängig von einander waren. Dies deutet darauf hin, dass Maispflanzen mit einem hohen Chlorophyllgehalt nicht unbedingt eine hohe photosynthetische Aktivität aufweisen müssen.

Neben der netto Assimilationsrate (NAR), die primär durch die photosynthetische Aktivität bestimmt wird, ist das Blattflächenverhältnis (LAR, *leaf area ratio*) der zweite Faktor, welcher die relative Wachstumsrate (RGR, *relative growth rate*) und damit die Biomasse bestimmt. In der von uns untersuchten Dent-Mais-Population waren, unter suboptimaler Wachstumstemperatur, zwei QTLs für Blattfläche und spezifische Blattfläche (SLA, *specific leaf area*) co-lokalisiert. Interessanterweise konnten diese beiden QTLs auch für Blattgrüne, ϕ_{PSII} und CO_2-Fixierung detektiert werden, jedoch mit entgegengesetzter Additivität. Die gemeinsamen QTLs lassen auf einen pleiotropen Effekt schliessen. Die Gene, welche eine hohe photosynthetische Aktivität unter niedriger Wachstumstemperatur bedingten, verursachten einen hohen Chlorophyllgehalt, eine kleine Blattfläche und eine niedrige spezifische Blattfläche (SLA), welche ihrerseits ein Faktor des Blattflächenverhältnisses (LAR) ist. Für die Sprosstrockenmasse im Dreiblattstadium wurde, unter kühler Anzuchttemperatur, nur ein QTL gefunden (Abb. 1). In der gleichen genetischen Region wurden auch QTLs für die photosynthetischen Merkmale F_v/F_m, F_o, ϕ_{PSII}, F_v'/F_m' und CO_2-Fixierung errechnet. Unter optimalen Temperaturbedingungen konnten keine gemeinsamen QTLs für die Sprosstrockenmasse und diesen photosynthetischen Parametern gefunden werden. Diese Beobachtung unterstreicht die Wichtigkeit eines funktionstüchtigen photosynthetischen Apparates unter kühler Temperatur für das Wachstum von Maispflanzen. In Pflanzen, die unter optimaler Temperatur wuchsen, war ein QTL für die Sprosstrockenmasse mit einem QTL für Blattfläche co-lokalisiert, ein anderes mit einem für den Chlorophyllgehalt.

Während viele photosynthetische und morphologische Merkmale untereinander über rein mathematische Funktionen verbunden sind, sind Zusammenhänge zwischen morphologischen und physiologischen Merkmalen zum Teil sehr komplex und schwer zu erkennen. Die QTL Analysen ergaben die Möglichkeit, pleiotrope Effekte, und damit den engen Zusammenhang zwischen verschiedenen Merkmalen, auf eine elegante Weise zu erkennen. In Hinblick auf Wachstum von Mais unter kühlen Klimabedingungen konnte gezeigt werden, dass die Effizienz des photosynthetischen Apparates für das Sprosswachstum von Bedeutung ist.

Literatur

Fracheboud Y., Haldimann P., Leipner J. & Stamp P. (1999) Chlorophyll fluorescence as a selection tool for cold tolerance of photosynthesis in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Botany* 50, 1533-1540.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 167–170 (2003)

Gluteninmakropolymer – Ein Schlüssel zum Verständnis der Backqualität von Weizen

Dr. Ludger Linnemann*

Einleitung

Ein Kennzeichen physiologischer Systeme ist ihre außerordentliche Komplexität. Daher erwiesen sich Erkenntnisse zur Backqualität (BQ) von Weizenmehl (*Triticum aestivum* L.) bisher als vielschichtig und keineswegs immer als eindeutig. Wie kürzlich mitgeteilt, waren bei einem vergleichsweise höheren Temperaturmittel zur Abreife in 1995 (Tab. 1) um etwa 50 % höhere SDS-Sedimentationswerte (SDSS) als 1996 aufgetreten (LINNEMANN 2001). GERSTENKORN und ZWINGELBERG (1996) haben dieses Phänomen in einer anderen Studie bei Untersuchungen des Backvolumens an der deutschen Weizenernte ebenfalls beschrieben. Sie stellten fest, dass die Zeleny-Sedimentationswerte in 1996 trotz geringerer Backvolumina höher ausfielen als 1995. Die Zeleny-Sedimentation war stärker mit der RP-Konzentration als mit der Proteinqualität assoziiert, was beide – sowohl die RP-Konzentration als auch die Zeleny-Sedimentation – als unzuverlässige Parameter kennzeichnet. Es besteht jedoch Übereinstimmung darin, dass es bei der BQ im wesentlichen auf Effekte der Re- bzw. Depolymerisation im Teig ankommt. Dafür kommen hauptsächlich polymer zusammengesetzte Glutenine als Ursache in Frage, während die meisten Proteine monomer aufgebaut sind. Globuläre Glutenine sind mit einer Polymergröße von etwa $M_r \geq 11$ Mio. die größten Proteinmoleküle im Pflanzenreich und verleihen Weizenmehlen ihre Fähigkeit, daraus hefegelockerte Brote zu backen. Technologisch betrachtet bildet Glutenin im Teig intermolekular vernetzte elastisch-viskose Makropolymere, die während der Fermentationsphase Gaszellen halten, ohne zu reißen (Extension). Wider Erwarten liegt dabei der Anteil der genotypischen Varianz an der BQ oft nur bei etwa 50 % (KILLERMANN 2003), während die Restvariabilität eher auf Umwelteinflüsse zurückzuführen ist. Durch Umwelteinflüsse werden insbesondere sortenspezifische Veränderungen der Proteinzusammensetzung bewirkt (LINNEMANN 2001). Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich für die Züchtung und Verwertung von Weizen ein großes Interesse an der analytischen Vorhersage sortenspezifischer Mehleigenschaften. Berichtet wird über die biochemische Basis für die beobachtete Variation der BQ. Außerdem werden Möglichkeiten zur zuverlässigen Bestimmung der BQ diskutiert.

Material und Methoden

In den Jahren 1995 und 1996 wurden mit den Winterweizensorten Bussard (E) und Orestis (B) faktorielle Feldversuche auf zwei ökologisch bewirschafteten Standorten in Hessen mit Unterschieden in den Witterungsverhältnissen und im Stickstoff-Nachlieferungspotential des Bodens durchgeführt (Tab. 1). Die Witterung war während der Kornfüllungsphase 1995 warm und trocken. Im Kontrast dazu war 1996 bei kühler Witterung die Kornfüllungsphase länger als im Vorjahr. Die verwendeten Untersuchungsmethoden zur Bestimmung der SDS-Sedimentation und der Mehl-Proteinun-

*Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Professur f. Organischen Landbau, Karl-Glöckner Str. 21C, D-35394 Justus-Liebig Universität Gießen,
Tel. (Fax): 0641-99-37731(9), e-mail: ludger.linnemann@agrar.uni-giessen.de

tereinheiten (RP-HPLC und SDS-PAGE, Abb. 1) wurden bereits an anderer Stelle beschrieben (LINNEMANN 2001).

Tab. 1: Kenndaten von Standort und Weizensorten (Mittelwerte ± Standardabweichung)

	Alsfeld		Gladbacherhof	
	1995	1996	1995	1996
Temperaturmittel Juli-August [°C]	19,2	16,0	18,5	16,1
Gesamt-C im Ap-Horizont [%]	1,21	1,15	0,85	0,78
Gesamt-N im Ap-Horizont [%]	0,137	0,123	0,099	0,094
Kornreife (Anzahl Tage ab Blüte)	42	72	41	57
SDS-Sedim.-Wert [ml] cv. Bussard	74 ± 6	36 ± 14	53 ± 6	29 ± 7
SDS-Sedim.-Wert [ml] cv. Orestis	44 ± 7	15 ± 5	32 ± 5	14 ± 2
Rohprotein [%] cv. Bussard	10,5 ± 0,2	10,0 ± 0,8	9,4 ± 0,6	8,4 ± 0,7
Rohprotein [%] cv. Orestis	9,7 ± 0,7	8,9 ± 0,6	8,1 ± 0,6	7,4 ± 0,4

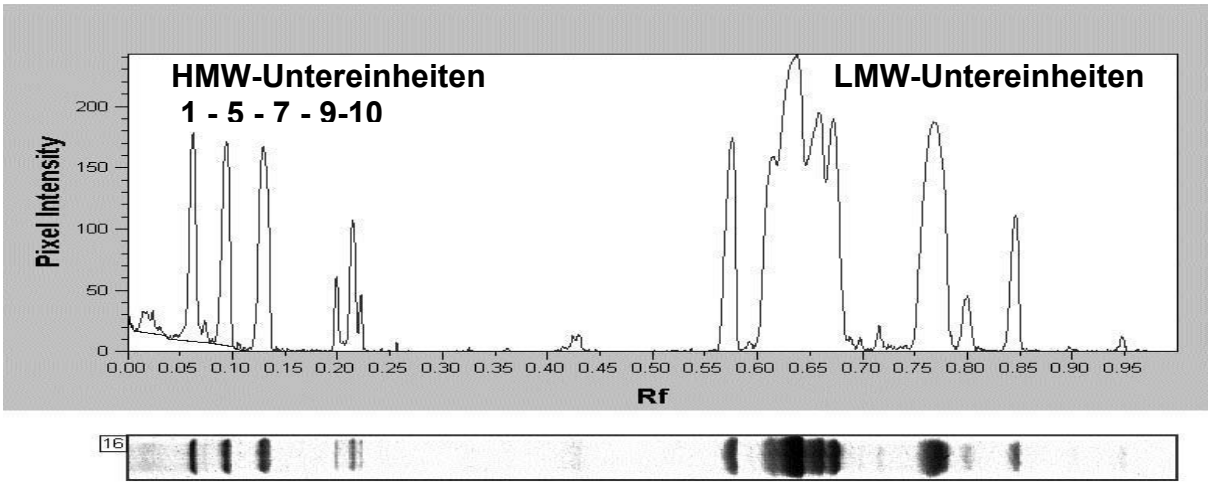


Abb. 1: Gluteninuntereinheiten von cv. Bussard (niedermolekulares (LMW), hochmolekulares (HMW) Glutenin) nach quantitativer SDS-PAGE (LINNEMANN 2001)

Ergebnisse und Diskussion

Die Sorte Bussard wies über beide Orte und Jahre betrachtet einen höheren spezifische SDSS-Quotienten gegenüber Orestis auf, der unabhängig war von der RP-Konzentration im Korn (Abb. 2, oben). Daher wurde die sortenspezifische Qualität zunächst vorrangig unter dem Aspekt der Proteinqualität betrachtet (LINNEMANN 2001). Der genotypische Effekt (höherer spezifischer SDSS-Quotient) wurde von anderen Autoren im wesentlichen auf die besseren Teig-Polymerisierungseigenschaften der Glu-D1 HMW-Allelen 5 + 10 bei Bussard gegenüber 2 + 12 bei Orestis zurückgeführt. Auch aufgrund epistatischer Allel-Effekte ließen sich daraus jedoch weder allgemeingültige Zuchtkriterien noch eindeutige Zuordnungen auf die Qualitätsgruppen ableiten (KILLERMANN 2003). Vielmehr scheint die Back- oder Proteinqualität in ihrer Natur grundsätzlich mehrschichtig geordnet zu sein (Abb. 2)., was umweltbedingte Effekte (Orte, Jahre) einschließt. Für ein grundlegendes Verständnis der Weizen-Proteinqualität ist von Bedeutung, dass die sortenspezifischen Diagramm-

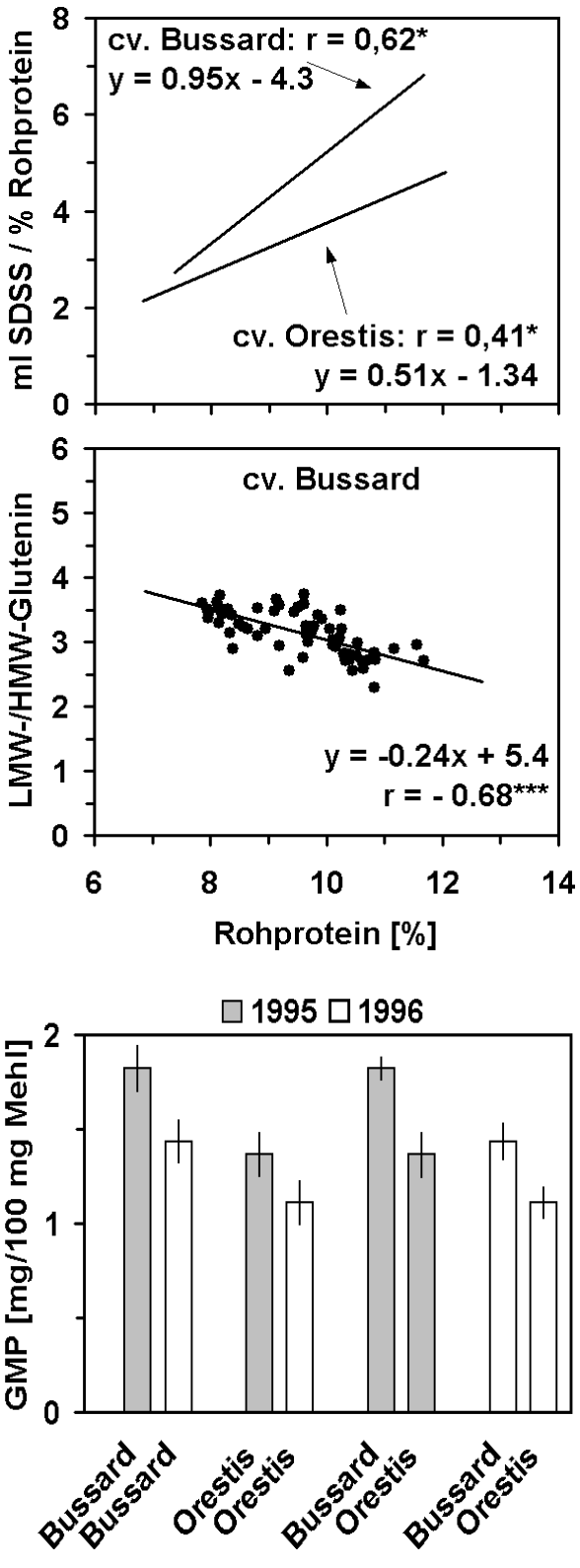


Abb. 2: Beziehungen zwischen Rohprotein und spezifischer SDSS (SDSS/% RP, oben)und dem LMW-/HMW-Glutenin Verhältnis (mitte) an zwei Orten (1995/96), GMP-Konzentration im Mehl (Glutenin-Makropolymer-) (Mittelwert ± Grenzdifferenz, Tukey α=5 %), Alsfeld (unten)

Geraden (Abb. 2, oben) nicht parallelverschoben waren, woraus auf bestehende Wechselwirkungen zwischen Proteinkonzentration und Proteinqualität geschlossen wird. Bussard erreichte, obwohl der spezifische SDSS-Quotient beider Sorten stetig zunahm, höhere Werte als Orestis. Im Bereich einer niedrigen RP-Konzentrationen, die bei Bussard bis etwa 10 % reichte, differenzierte die Proteinqualität der Sorten weniger als im darüberliegenden Bereich. Um die bestehenden Unterschiede zu erklären, wurde die hochmolekularen (HMW) und niedermolekularen Gluteninuntereinheiten (LMW) bestimmt (Abb. 1). Anhand des Verhältnisses der HMW- zu LMW-Gluteninkonzentrationen (Abb. 2, mitte) zeigte sich die Veränderung der BQ in Übereinstimmung mit dem spezifischen SDSS-Quotienten. Eine Zunahme des spezifischen SDSS-Quotienten wurde von einer systematische Veränderung der Glutenin-Zusammensetzung begleitet. Im Detail war ein zunehmender Anstieg an HMW-Gluteninen und eine damit korrespondierende Abnahme an LMW-Gluteninen festzustellen. Aus einer Zunahme des HMW-Glutenins läßt sich aber schliessen, dass größere Gluteninpolymere – mit folglich besserer Polymerisierungskapazität – entstanden sein müssen, da HMW-Glutenine gegenüber den LMW-Gluteninen eine mehr als doppelt so hohe Anzahl an reaktiven Aminosäureresten besitzen. Geringe Unterschiede im LMW-/HMW-Glutenin- Verhältnis bewirkten somit überproportionale Änderungen der Proteinqualität. Um die Annahme der Existenz größerer Gluteninpolymere gezielt nachzuprüfen, wurden aus dem Datenmaterial orthogonale Kerne mit entweder gleicher RP-Konzentration und/oder stark variierenden SDS-Sedimentationswerten zwischen den Jahren ausgewählt. An diesen Proben wurden die jeweiligen Glutenin-Makropolymer-Konzentration (GMP) ermittelt. GMP ist

ein Teil des Glutenins, der unter den üblichen Extraktionsbedingungen nicht in Lösung geht, woraus sich seine herausragende Bedeutung für die BQ ableitet. Die ist erst seit kurzer Zeit bekannt. Wie bei der SDS-Sedimentation wird die proteinlösende Eigenschaft von Natriumdodecylsulfat, kurz SDS genannt, kombiniert mit einer Ultraschallbehandlung genutzt. Es konnten alle Unterschiede in der SDSS auch durch Bestimmung der GMP ermittelt werden (Abb. 2, unten). Insbesondere Jahresunterschiede innerhalb der untersuchten Sorten waren signifikant verschieden. Im Gegensatz dazu standen die jahresbedingten Unterschiede in den SDSS-Werten wider Erwarten in keiner gesicherten Beziehung zur Glutenin-, Gliadin- und Kleber-Konzentration im Mehl (LINNEMANN 2001). Die letzgenannten Parameter wurden demzufolge als ungeeignete Indikatoren der BQ erkannt. In bezug auf Glutenin gilt zudem einschränkend, dass es bisher keine Methode zur quantitativen Extraktion des polymeren Glutenins gab, sodass sich je nach Proteinzusammensetzung die Extraktionsrate änderte. Dies beeinträchtigte aber nicht die Aussagekraft des LMW-/HMW-Glutenin-Verhältnisses. Vielmehr dürfte dieser Parameter zukünftig – eine Methode zur Erfassung des polymeren Glutenins existiert seit kurzer Zeit – an Aussagekraft gewinnen. Generell stellten rein quantitative Bestimmungen von Gliadin, Glutenin, Kleber und Rohprotein keine Information zur Ursache der Proteinqualität zur Verfügung: Sie sind schon von daher bei unbekanntem Zuchtmaterial wenig hilfreich, insbesondere, wenn, wie im Organischen Landbau und auch zunehmend im konventionellen Landbau, hohe Qualitäten bei geringer Proteinkonzentration angestrebt werden. Die Ergebnisse legen nahe, dass es bei den untersuchten Sorten auf genetischer Ebene zwar eine Prädisposition für die unterschiedliche N-Verwertung gab (Abb. 2, oben), diese sich aber auf der Proteinebene keinesweges statisch, sondern dynamisch verhielt. Damit war eine Vorhersage der BQ aufgrund genetischer Aspekte apriori eingeschränkt, während durch qualitative wie quantitative Aspekte der Protein-Zusammensetzung die Qualitätsveränderungen der Sorten umfassend erklärbar waren. Mit der vorgestellen Methodik wird offensichtlich die BQ weitestgehend als Ganzes erfaßt, wobei die aktuelle GMP-Konzentration mit ihrer polymerisierenden Wirkung auf andere Mehlsubstanzen wie Gliadine, Albumine, Globuline, etc. unauflöslich mit übergeordneten Aspekten der Teigbildung und Teigentwicklung verbunden zu sein scheint. Eine weitere Besonderheit der Methodik ist darin zu sehen, dass Unterschiede in der BQ einer Sorte durch Parameter, die von einer höheren Organisationsebene aus (Polymerisierungseigenschaften) zu den Ursachen für die Teigeigenschaften zählen, zuverlässiger vorhersagbar waren. Diese Erkenntnisse könnten zukünftig in Züchtung und Forschung wertvolle Dienste leisten, sofern eine Übertragung der vorgestellten Erkenntnisse auf eine beliebige Anzahl von Sorten insbesondere innerhalb von verschiedenen Qualitätsklassen möglich ist.

Literatur

Linnemann, L. (2001): Kleberprotein-Zusammensetzung und Umwelteinfluß als Bedingung der Weizenqualität. (Diss. Universität Gießen). Verlag Dr. Köster, Berlin, www.scientific-news.de/oekoland1.html.

Killermann, B. (2003): Untersuchungen zur Nutzung von Kleberproteinmarkern in der Selektion auf Backqualität bei Saatweizen. (Diss. Universität Gießen). Verlag Shaker, Aachen, www.shaker.de.

Gerstenkorn, P. & H. Zwingelberg (1996): Die Qualität der deutschen Weizenernte 1996. Die Mühle & Mischfuttertechnik 133, 693-696.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 171–174 (2003)

Strahlungsnutzung durch perennierende Pflanzenbestände

Sven Freydank[1], Gisa-Wilhelmine Rathke[1], Tammo Teebken[1],
Kristina Warnstorff[2] und Wulf Diepenbrock[1]

Einleitung

Die Primärfunktion der Pflanze ist die Konservierung von Lichtenergie in chemische Energie, daraus leitet sich die Notwendigkeit einer energetischen Bewertung und Analyse von Kulturarten und Vegetationstypen ab.

Generell lassen sich Pflanzen in annuelle und perennierende Wuchstypen einteilen. Für den energetischen Leistungsvergleich von Kulturarten ist neben der Erfassung des solaren Inputs die Erfassung der gebildeten Biomasse und ihrer Energiekonzentration unabdingbar. Dieser photosynthetische Energiegewinn kann bezogen auf den Strahlungsinput Aussagen über die Strahlungsnutzungseffizienz der verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturarten und Vegetationstypen liefern. Der fossile Energieinput bleibt bei dieser Betrachtung unberücksichtigt und es wird ausschließlich auf die Systemgrenze 1 fokussiert, d.h. es werden nur die Naturalparameter des energetischen In- und Outputs erfasst.

Die in der pflanzlichen Trockenmasse akkumulierte Bruttoenergie wird zum Teil durch die Kulturart bestimmt, ist aber zum anderen auch von umweltbedingten Einflussfaktoren wie Strahlungsintensität, Tageslänge und Nährstoffversorgung abhängig.

Grundlage für die Darstellungen bildet ein Feldversuch, welcher im Jahr 2000 am Versuchstandort Bad Lauchstädt (Schwarzerdegebiet Sachsen-Anhalts am östlichen Rand der Querfurter Platte) angelegt wurde. Die Untersuchungen sollen Aufschlüsse über die spezifische, energetische Leistungsfähigkeit der verschiedenen Kulturarten und die Auswirkungen der Stickstoff (N)-Düngung auf die Strahlungsnutzung ermöglichen.

Material und Methoden

Im sog. Energiepark stehen Weiden, Pappeln (Kurzumtriebshölzer) sowie *Miscanthus* (perennierendes Gras) als mehrjährige Energiepflanzen mit Raps, Gerste, Triticale als einjährige Kulturpflanzen sowie einer Stillegungsfläche (Weidelgras) als Referenzsystem im direkten Vergleich.

Zu allen Kulturen wird die mineralische Stickstoff (N)-Düngung variiert (ungedüngt = 0 Kg/ha a und gedüngt = 100, 120 bzw. 150 Kg/ha a). Während der Vegetation werden bei allen Kulturarten die Größen des Strahlungshaushaltes wie Gesamtstrahlung, Transmission, Reflexion, Interzeption und Absorption als PAR (photosynthetically active radiation) erhoben. Die Erhebung erfolgt mit einem Stab- und Punktsensor der Fa. Li-*Cor*, die die Photonenflussdichte ermitteln.

Daneben wird in allen Kulturen der Blattflächenindex LAI (leaf area index) bzw. TAR (tree area index) erhoben und mit der Transmission über das *Lambert-Beer`sche Extinktionsgesetz* (1) in Beziehung gesetzt. In diesem Zusammenhang wird der Attenuationskoeffizient (Abschwächungskoeffizient) *k* (2) berechnet. Er gibt Auskunft über die Höhe des Lichtabfalls durch die Lichtabsorption im Pflanzenbestand [MONSI & SAEKI, 1953].

k = Lichtauslöschungsfaktor (Extinktionskoeffizient)

[1] Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
[2] Arbeitgruppe Biometrie und Agrarinformatik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

$$I = I_0 \cdot e^{-k\mathrm{LAI},\ \mathrm{TAR}} \qquad (1)$$

$$k = \ln(I/I_0) \cdot \mathrm{LAI}^{-1}\ ,\ \mathrm{TAR}^{-1} \qquad (2)$$

I_0 = Strahlungsintensität über dem Bestand (PAR)
I = Strahlungsintensität auf der Bodenoberfläche (PAR)
LAI, TAR = leaf area index, tree area index

Als ein weiterer Parameter im Hinblick auf die Charakterisierung der Strahlungsinterzeption wird die Laubdichte berechnet. Dieser Parameter ergibt sich aus der Gesamtblattfläche, welche auf den Vegetationsraum bezogen wird.

Für die Effizienzbewertung finden die Formeln zur Berechnung der RUE (radiation use efficiency) [CRALLE & VIETOR, 1989] und der EUE (energy use efficiency) [ZAFFARONI & SCHNEIDER, 1989] Anwendung (3-4). Die sich daraus ableitenden assimilatorischen Wirkungsgrade geben Auskunft über die Trockenmasseproduktion und die Energiebindung der einzelnen Pflanzenart bezogen auf die akkumulierte, über die Vegetationsperiode hinweg zur Verfügung stehende PAR.

$$\mathrm{RUE} = \mathrm{Biomasse} \cdot \Sigma_{(t=1,n)}\,(\mathrm{PAR})^{-1} \qquad (3)$$
$$[g \cdot MJ^{-1}] = [g \cdot m^{-2}] \cdot [MJ \cdot m^{-2}]^{-1}$$

$$\mathrm{EUE} = \mathrm{Biomasseenergie} \cdot 100 \cdot \Sigma_{(t=1,n)}\,(\mathrm{PAR})^{-1} \qquad (4)$$
$$[MJ \cdot m^{-2}] \cdot [MJ \cdot m^{-2}]^{-1}$$

Die benötigte Frisch- und Trockenmasse der Kurzumtriebshölzer wurde bisher ausschließlich im Winter 2002 ermittelt, die von *Miscanthus* und den landwirtschaftlichen Kulturen ab 2001 jährlich. Die Erfassung der Strahlungsparameter erfolgt ab März 2003 über die Vegetationsperiode wöchentlich. Weiterhin werden im Versuch phänologische Parameter wie der Brusthöhendurchmesser (Baumdurchmesser in 1,30m Höhe) und die Baumhöhe erfasst. Diese werden hinsichtlich einer Korrelation zu Ertragsparametern, wie Trockenmasse und –zuwachs untersucht.

Zur Ermittlung der Energiekonzentration im nutzbaren Erntegut wird eine Verbrennung im Kaloriemeter oder im Blockheizwerk durchgeführt bzw. werden Kalkulationen mit etablierten Energiekonzentrationskoeffizienten vorgenommen.

Überdies soll ein Vergleich in den Bäumen zwischen konventionellen Methoden der Blattflächen- (LAI) und Strahlungserfassung (PAR) mit hemisphärischen Aufnahmen, die mit der Software HemiView ausgewertet wurden, durchgeführt werden. Die hemisphärischen Aufnahmen werden seit April 2003 aus fixen Positionen im Versuch gemacht.

Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund des kurzen Zeitfensters über welches sich unsere Untersuchungen erstrekken, können an dieser Stelle nur ausgewählte Ergebnisse präsentiert werden. Abb.1-3 zeigen die Transmissionsentwicklung der perennierenden Kulturarten in Abhängigkeit von der Wärmesumme im Frühjahr 2003. Für die Bäume wurde eine Basistemperatur von 5°C angenommen. Für *Miscanthus* als tropisches Gras ist eine Basistemperatur von 10°C angenommen worden.

Die Abbildungen zeigen, dass das Austriebsverhalten bezogen auf die Zeit und der Transmissionscharakter deutlich in den perennierenden Kulturarten variieren. Bei den Pappeln konvergieren die Transmissionswerte gegen 1-2%. Die Weiden haben in dieser Hinsicht höhere Transmissionswerte (8-10%). Dieser Aspekt ist mit Sicherheit der unterschiedlichen Baumarchitektur geschuldet. *Miscanthus* zeigt hinsichtlich der geschätzten Transmissionsfunktion eine Arcustangensfunktion. Für Weiden und Pappeln war es aus biometrischer Sicht sinnvoller, eine Exponentialfunktion zu schätzen. Das Austriebsverhalten unterscheidet sich auch innerhalb der Pflanzenart bezüglich der N-Düngung. Die gedüngten Bäume erreichen schneller niedrigere Transmissionswerte. Dieser Unterschied bestand aber nur während des Austriebs.

Der unterschiedliche Transmissionscharakter lässt noch keine Aussagen über die Strahlungsnutzungseffizienz zu. Diese Aussagen können erst nach abgeschlossener Vegetationsperiode und Biomasseernte getroffen werden. Für die Diskussion über die unterschiedlichen Strategien der Vegetationstypen zur Strahlungsnutzung müssen Aspekte wie die unterschiedliche Form der Reservestoffeinlagerung und -mobilisierung sowie die frühe Interzeptionsfähigkeit der Bäume über die Rinde beachtet werden.

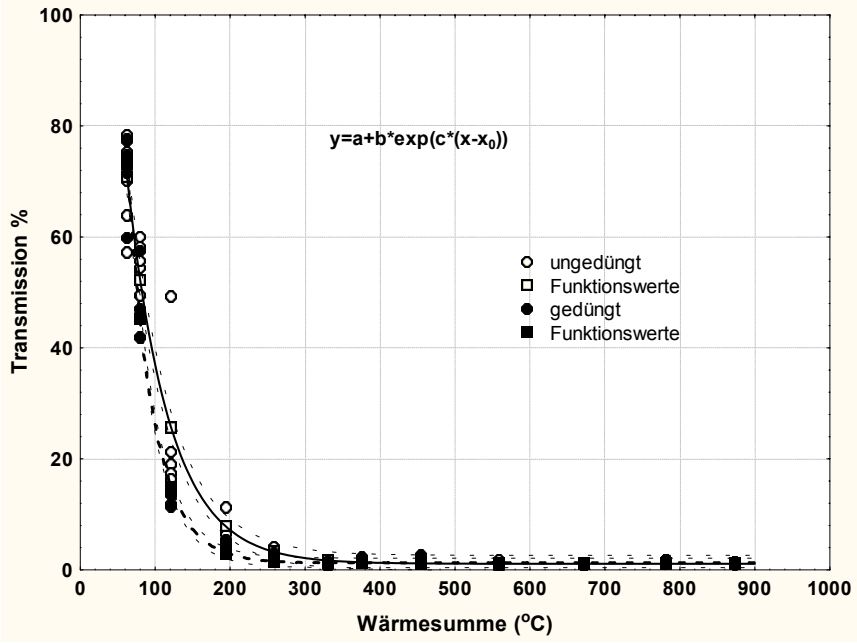


Abb. 1: Transmissionsentwicklung (PAR) Pappeln, ungedüngt = schwarze Linie, gedüngt = dicke Strichellinie, Konfidenzintervalle = dünne Strichellinie

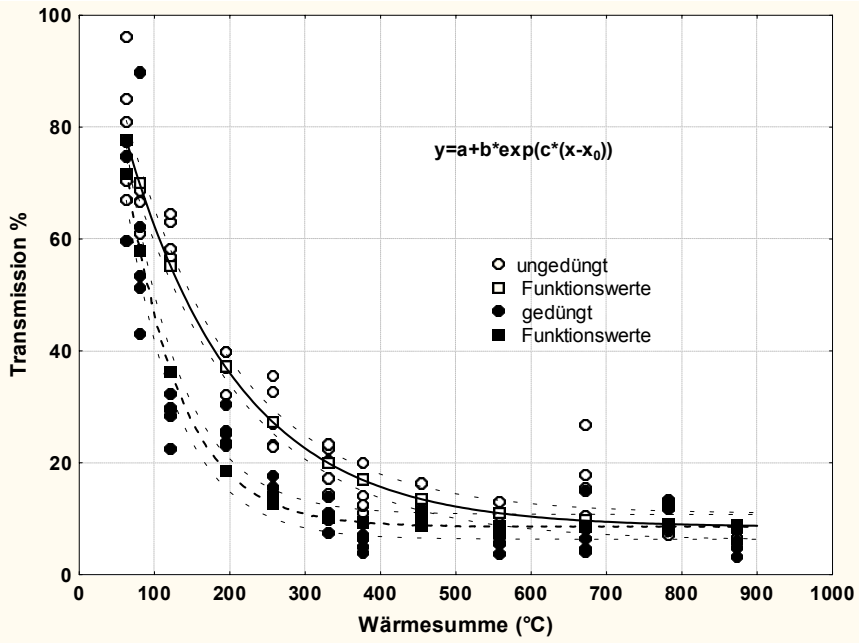


Abb. 2: Transmissionsentwicklung (PAR) Weiden, ungedüngt = schwarze Linie gedüngt = dicke Strichellinie, Konfidenzintervalle = dünne Strichellinie

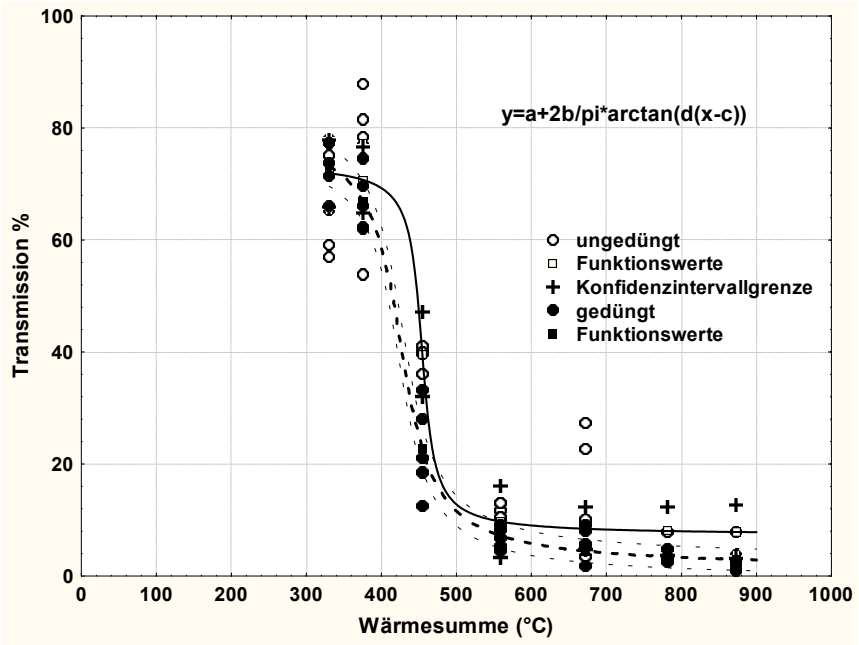


Abb. 3: Transmissionsentwicklung (PAR) *Miscanthus*, ungedüngt = schwarze Linie, gedüngt = dicke Strichellinie, Konfidenzintervalle = dünne Strichellinie

Literatur

CRALLE, H. T. und D. M. VIETOR (1989): Solar energy and biomass. KITANI, HALL (eds.), Biomass Handbook CRC Press, Cleveland, Ohio

MONSI, M. und T. SAEKI (1953): Über den Lichtfaktor in Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. Journ. Bot. 14, 22-52

ZAFFARONI, E. und A. A. SCHNEITER (1989): Water use efficiency and light interception of semidwarf and standard-hight sunflowers hybrids grown in different row arrengements. Agron. J. 81, 831-836

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 175–178 (2003)

Untersuchungen zur Plasmalemma-H^+-ATPase-Aktivität in Blättern von fructanbildenden transgenen Kartoffelpflanzen (*Solanum tuberosum* L.)

Yan, F. [1], Honermeier, B. [1], Zhu, Y. [2], Schubert, S. [2]

Einleitung

Fructane sind wasserlösliche Kohlenhydrate, die in verschiedenen Blütenpflanzen akkumuliert werden. Wegen der gesundheitsfördernden Wirkung werden Fructane als eine wichtige Komponente von „Functional Foods“ betrachtet. Fructane können sich positiv auf die Darmflora und dadurch auf die Aufnahme von Mineralstoffen und kurzkettigen Fettsäuren, die Zusammensetzung der Blutlipide und die Prevention von Darmkrebs auswirken. Von der Natur her zählen Zichorie (*Cichorium intybus* L.) und Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) zu den wichtigen fructanakkumulierenden Kulturpflanzen. Vor einigen Jahren war es Wissenschaftlern gelungen, die fructanbildenden Gene [Saccharose:Saccharose 1-Fructsyltransferase (SST) und Fructan:Fructan 1-Fructosyltransferase (FFT)] in die Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.) zu transformieren (Hellwege et al., 2000).

In einem Verbundprojekt des BMBF zum Thema „Sicherheitsforschung und Monitoring“ wurde unbeabsichtigten Konsequenzen der genetischer Veränderung der Kartoffeln nachgegangen. Dazu wurde die Plasmalemma-H^+-ATPase in der vorliegenden Arbeit untersucht. Das Enzym Plasmalemma-H^+-ATPase spaltet ATP und pumpt Protonen aus der Zelle. Dadurch baut dieses Enzym einen elektrochemischen Gradienten am Plasmalemma auf, der Stofftransport durch das Plasmalemma energetisiert. Somit hat das Enzym eine essentielle Bedeutung für die Zellphysiologie und den Stoffwechsel der Pflanzen. In der vorliegenden Untersuchung wurde eine Methode für die Untersuchungen der Plasmalemma-H^+-ATPase von jungen, vollentwikkelten Blättern von transgenen Kartoffelpflanzen etabliert.

Material und Methoden

Kartoffelpflanzen wurden im Phytotron Rauischholzhausen aus Samen angezogen. Samen des Wildtyps (*Solanum tuberosum* cv. Désirée), Einfachtransformante SST20 und Doppeltransformante SST/FFT22/34 (Samen wurden vom Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie, Golm, zur Verfügung gestellt) wurden auf einem Agarmedium (pH 5,7) ausgesät. Nach siebentägiger Kultivierung wurden die Keimlinge mit einer Keimwurzellänge von etwa 1 cm in Blumenerde umgepflanzt. Die Pflanzen wurden in einer Klimakammer (Lichtintensität 250 µE m^{-2} s^{-1}, die Temperatur tagsüber/nachts 20/12°C, die Luftfeuchte tagsüber/nachts 65%/75%) bis zu einer Höhe von 10 cm angezogen und dann in Mitscherlichgefäßen (6,2 L) mit einem sandigen Boden (Mischung aus Quarzsand und Lössboden im Verhältnis von 2:1) weiter kultiviert. Die Wasserversorgung der Pflanzen wurde durch tägliche Gewichtskontrolle auf 60% maximaler Wasserkapazität des Bodens eingestellt. Die Pflanzen wurden über 20 Wochen angezogen. Für die Isolierung des Plasmalemmas wurden die jungen, vollentwickelten Blätter geerntet. Die Isolierung des Plasmalemmas, Analyse

1 Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Justus-Liebig-Universität, Ludwigstraße 23, 35390 Gießen;

2 Institut für Pflanzenernährung, Interdisziplinäres Forschungszentrum der Justus-Liebig-Universität, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392, Gießen

der katalytischen ATPase-Aktivität und ihrer H^+-Pumpaktivität sowie Western-Blot-Analyse wurden nach den Methoden von Yan et al. (2002) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion
Der Reinheitsgrad der aus jungen, vollentwickelten Blättern der Kartoffelpflanzen isolierten Membranfraktionen wurde durch die Empfindlichkeit der ATPase-Aktivität gegenüber verschiedenen Inhibitoren überprüft (Tab. 1). Nitrat (50 mM) hemmte die ATPase-Aktivität um etwa 10%, was auf eine leichte Verunreinigung durch Tonoplasten hindeutet. Eine ähnliche Tendenz zeigte die Behandlung mit Azid (1 mM), das die ATPase-Aktivität in der Thylakoid- oder Mitochondrienmembran hemmt. Molybdat, ein Inhibitor für unspezifische saure Phosphatase, hemmte etwa 20% der katalytischen ATPase-Aktivität. Hingegen zeigte Vanadat (0,1 mM) einen Hemmeffekt von über 95%, was auf eine hohe reine Plasmalemmafraktion hindeutet. Da Vanadat nicht nur Plasmalemma-H^+-ATPase sondern auch unspezifische saure Phosphatase hemmt, wurde die Plasmalemma-H^+-ATPase-Aktivität als Differenz zwischen der katalytischen ATPase-Aktivität der Behandlung mit Molybdat und der Behandlung mit Vanadat berechnet (Yan et al., 2002). Die so berechneten Aktivitäten der Plasmalemma-H^+-ATPasen unterscheiden sich signifikant zwischen Wildtyp Désirée und der Einfachtransformante SST20 (Abb. 1). Im Vergleich zum Wildtyp zeigte die Einfachtransformante SST20 eine Verminderung der Aktivität der Plasmalemma-H^+-ATPase um 34%. Eine ähnliche Tendenz zeigte auch die Doppeltransformante SST/FFT22/34 (Abb. 1).

Tab. 1: Empfindlichkeit der katalytischen H^+-ATPase-Aktivität der aus den jungen, vollentwickelten Blättern der Kartoffelpflanzen isolierten Membranfraktion gegenüber verschiedenen Inhibitoren. Die Testlösung setzt sich aus 30 mM BTP/MES (pH 6,5), 5 mM $MgSO_4$, 50 mM KCl, 0,02% Brij 58, 5 mM ATP zusammen.

	ATPase-Aktivität (µmol P_{an} mg^{-1} min^{-1})		
	Wildtyp (Désirée)	SST20	SST/FFT22/34
Kontrolle	1,23 ± 0,06 (100%)	0,87 ± 0,09 (100%)	1,01 ± 0,12 (100%)
Nitrat (50 mM)	1.10 ± 0,07 (89%)	0,75 ± 0,05 (88%)	0,91 ± 0,13 (89%)
Azid (1 mM)	1,10 ± 0,07 (89%)	0,82 ± 0,06 (95%)	0,94 ± 0,13 (93%)
Molybdat (1 mM)	0,98 ± 0,07 (80%)	0,68 ± 0,08 (77%)	0,84 ± 0,09 (84%)
Vanadat (0,1 mM)	0,01 ± 0,04 (1%)	0,02 ± 0,04 (0.3%)	0,04 ± 0,03 (4%)

Eine verminderte katalytische Aktivität der Plasmalemma-H^+-ATPase in den jungen, vollentwickelten Blättern der transgenen Kartoffelpflanzen kann auf mindestens zwei Ebenen, einer verminderten Enzymkonzentration der H^+-ATPase im Plasmalemma und einer verminderten katalytischen Effizienz des Enzyms, erklärt werden. Um zwischen den zwei möglichen Mechanismen zu differenzieren, wurde die Western-Blot-Analyse mit einem gegenüber Plasmalemma-H^+-ATPase spezifischen Antikörper

durchgeführt. Aus der Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass die Intensität der Antikörperreaktion von dem Wildtyp Désirée deutlich höher als die von transgenen Kartoffelpflanzen war. Dies deutet darauf hin, dass die verminderte katalytische Aktivität der Plasmalemma-H^+-ATPase von transgenen Kartoffelpflanzen auf eine verminderte Enzymkonzentration im Plasmalemma zurückgeht.

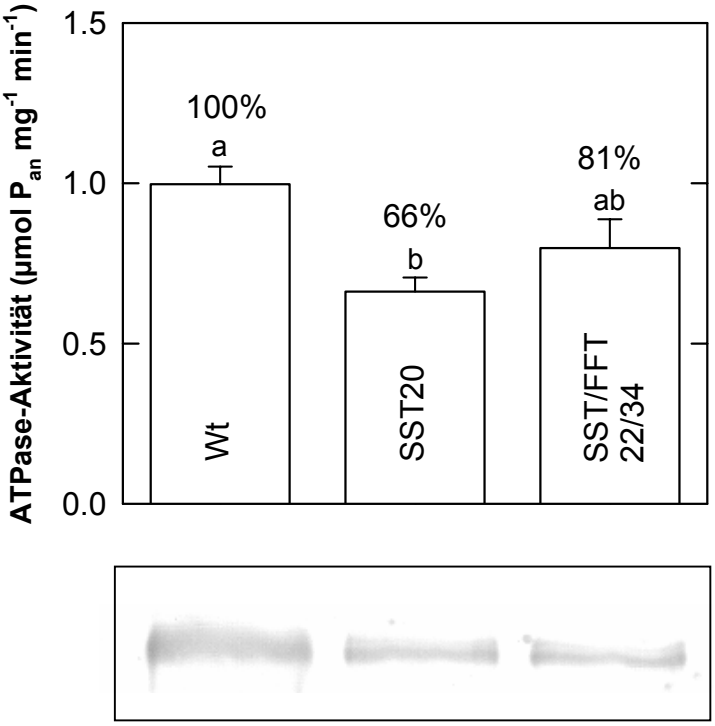


Abb. 1: Katalytische Aktivität (oben) und Western-Blot-Analyse (unten) der Plasmalemma-H^+-ATPase von jungen, vollentwickelten Blättern der Kartoffelpflanzen. Die Aktivität der Plasmalemma-H^+-ATPase ist der Mittelwert aus vier Isolationen von zwei zeitlich versetzten Experimenten mit Standardfehler. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (P<5%). Die Western-Blot-Analyse wurde mit einem gegenüber Plasmalemma-H^+-ATPase spezifischen Antikörper durchgeführt. Ein repräsentativer Blot aus drei Membranisolationen ist hier dargestellt.

Eine essentielle Funktion der Plasmalemma-H^+-ATPase in der pflanzlichen Zelle ist der Aufbau eines elektrochemischen H^+-Gradientes über das Plasmalemma. Die H^+-Pumpaktivität der Plasmalemma-H^+-ATPase lässt sich mit Acridin Orange an isolierten Membranvesikeln *in vitro* verfolgen. Aus der Abb. 2 ist ersichtlich, dass nach der Zugabe von ATP die Membranfraktion aus dem Wildtyp eine deutlich stärkere Abnahme der Absorption zeigte als die der beiden Transformanten. Dies deutet auf eine höhere H^+-Pumpaktivität in dieser Membranfraktion hin. Die H^+-Pumpaktivität der Doppeltransformanten SST/FFT22/34 ist höher als die der Einfachtransformaten SST20. Unsere Ergebnisse sprechen für eine verminderte Expression der Plasmalemma-H^+-ATPase in transgenen Kartoffelpflanzen. Die verminderte Expression der H^+-ATPase lässt sich unterschiedlich interpretieren. Einerseits kann die Insertion des Fremdgens die vorhandenen Gene oder ihre Expression beeinflussen. Andererseits kann eine verminderte Expression des Enzyms auf eine Veränderung der Zellphysiologie, besonders des Stofftransports durch das Plasmalemma, zurückgeführt wer-

den. Daneben kann auch eine genetische Spaltung der F1-Generation der Kartoffelpflanzen kann auch für die unterschiedliche Expression der Plasmalemma-H^+-ATPase mitverantwortlich sein. Welche Mechanismen für die verminderte Expression der Plasmalemma-H^+-ATPase in den jungen, vollentwickelten Blättern der transgenen Kartoffelpflanzen verantwortlich sind, bleibt weiterhin offen und ist Gegenstand der zukünftigen Forschung.

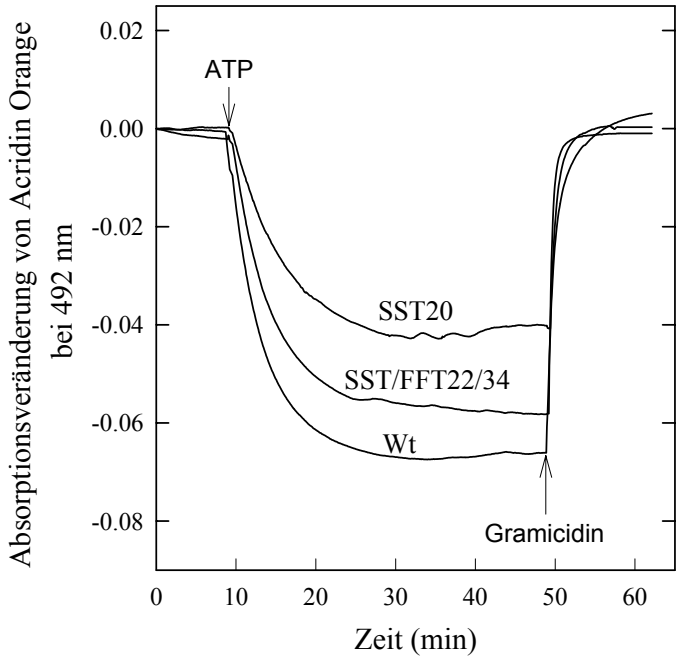


Abb. 2: Pumpaktivität der Plasmalemma-H^+-ATPase von jungen, vollentwickelten Blättern der Kartoffelpflanzen. An isolierten Membranvesikeln wurde die Pumpaktivität durch die Zugabe von ATP gestartet. Der dadurch aufgebaute Protonengradient ließ sich durch Zugabe von Gramicidin wieder abbauen. Die Testlösung setzt aus 5 mM BTP/MES (pH 6,5), 12 µM AO, 300 mM KCl, 250 mM Saccharose, 0,5 mM EGTA, 9 µM Valinomycin, 1 mM NaN_3, 1 mM Na_2MoO_4, 50 mM KNO_3, 0,05% Brij 58 zusammen. Die Messung wurde bei 25°C durchgeführt. Eine repräsentative Messung aus drei Wiederholungen ist hier dargestellt.

Literatur

Hellwege, E. M., Czapla, S., Jahnke, A., Willmitzer, L., Heyer, A. G. (2000): Transgenic potato (*Solanum tuberosum*) tubers sythesize the full spectrum of inulin molecules naturally occurring in globe artichoke (*Cynara scolymus*) roots. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United Sates of America, Vol 97, 8699-8704

Yan, F., Zhu, Y., Müller, C., Zörb, Ch., Schubert, S. (2002): Adaption of H^+-pumping and plasma membrane H^+ ATPase activity in proteoid roots of white lupin under phosphate deficiency. Plant Physiology, Vol. 129: 50-63.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 179–182 (2003)

Untersuchungen zur ertragsphysiologischen Wirkung der Fungizidapplikation beim Sommerweizen (*T. aestivum*) in einem Gefäßversuch

F. Simioniuc und B. Honermeier*

Einleitung

Im Getreidebau werden in Deutschland und auch in anderen Ländern seit Mitte der 90er Jahre Fungizide aus der Wirkstoffgruppe der Strobilurine eingesetzt. Diese Fungizide haben vor allem das Ziel wirtschaftlich relevante pilzliche Pathogene zu bekämpfen. Daneben hat sich herausgestellt, dass diese Mittel auch die ertragsphysiologischen Prozesse (Phytohormonhaushalt, Photosynthese, Enzymsynthese) der Pflanze beeinflussen (WU & TIEDEMANN 2002). Untersuchungen, die die Bedeutung dieser Fungizidapplikation während der Ertragsbildung der Pflanzen unter Beachtung möglicher Wechselwirkungen mit weiteren Wachstumsfaktoren klären, können zur Optimierung des Getreidebaus beitragen. Aus diesem Grund sollte in einem Gefäßversuch die Wirksamkeit eines Strobilurin-Fungizids in Abhängigkeit von der N-Ernährung auf die Ertragsstruktur, die Dynamik und die Struktur der TM-Bildung, auf physiologische Merkmale Pflanze (CCI, Chlorophyllfluoreszenz, Lichttätigungsverhalten) sowie auf den Krankheitsverlauf und auf den Proteingehalt des Weizens untersucht werden.

Material und Methoden

Im Jahr 2002 wurde in der Versuchstation Rauischholzhausen ein zweifaktorieller Gefäßversuch (Mitscherlich-Gefäße 6,2 l, Bodensubstrat: 2 kg Löß- + 4 kg Sandboden) mit Sommerweizen der Sorte Thasos durchgeführt. Als Prüffaktoren dienten die N-Versorgung sowie die Fungizid-Behandlung mit folgenden Prüfstufen:

- Prüfglied 1 – N Mangel (0,5 g N), ohne Fungizidbehandlung
- Prüfglied 2 – N optimal (1,0 g + 1,0 g N), ohne Fungizidbehandlung
- Prüfglied 3 – N optimal (1,0 g + 1,0 g N), mit Fungizidbehandlung

Die Aussaat erfolgte am 27. 3. 2002 mit 32 Samenkörnern/Gefäß ausgesät, die nach dem Aufgang auf 22 Pfl./Gefäß vereinzelt wurden. Der Nährstoffgehalt des Bodens wurde auf optimale Versorgung eingestellt. Die Wasserführung des Versuches war dem Entwicklungsverlauf des Weizens angepasst: bis DC 30 = 60 % WK, bis DC 85 = 70 % WK und ab DC 85 bis zur Vollreife = 40 % WK. Die Ernte der gesamten oberirdischen TM erfolgte zu DC 31 (22.05), DC 45 (10.06.), DC 61 (18.06.), DC 71 (09.07.) und DC 95 (08.08.). Das verwendete Fungizid Juwel Top (Kresoxim-methyl + Epoxiconazol + Fenpropimorph) wurde zu an den Terminen DC 30 und DC 60 appliziert. Die durchgeführten Messungen (18 Wiederholungen/Prüfglied) zum Chlorophyll-Gehalts-Index (CCI) erfolgten mit dem CCM 200 (Opti-Science/ADC). Mit dem Gerät wird die vom Blatt in 2 Wellenlängenbereichen (650 nm und 940 nm) transmittierte Lichtmenge als Chlorophyll-Gehalts-Index berechnet. Für die Messungen zur Chlorophyllfluoreszenz wurde das Mini-Pam (WALZ GmbH) verwendet, das nach dem Puls-Amplituden-Modulationsprinzip arbeitet (SCHREIBER et al. 1986).

* Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Justus Liebig-Universität Gießen
Ludwigstr. 23, 35390 Gießen*

Ergebnisse und Diskussion

Der Mangel an Stickstoff führte zu allen Messterminen erwartungsgemäß zu geringeren CCI-Werten, die als Indikator für die geringere Pigmentierung (geringere Chlorophyllgehalte) der Blätter angesehen werden. Das zu DC 30 applizierte Fungizid bewirkte zum Messtermin DC 45 noch keine Veränderung der CCI-Werte. Mit Beginn der Kornfüllungsphase war jedoch zu beobachten, dass in der Fungizidvariante (Prüfglied 3) die CCI-Werte signifikant höher lagen als in der Variante ohne Fungizid (s. Tab. 1). Da die Messungen jeweils an gesunden Blättern vorgenommen wurden, wird dieser Effekt auf physiologische Wirkungen (Verzögerung der Seneszenz) der Fungizidapplikation zurückgeführt. Ähnliche Effekte sind bei der Betrachtung des Anteils der grünen Blattfläche sichtbar. Hier fließt jedoch die direkte fungizide Wirkung mit ein, die vor allem über die wirksame Bekämpfung der Mehltauinfektion dazu beitrug, dass die Assimilationsfläche des Weizens länger erhalten blieb.

Tab. 1: Chlorophyll-Gehalts-Indices (CCI) und Anteil grüner Blattfläche (%) des Weizens in Abhängigkeit von N-Düngung und Fungizidapplikation, Gefäßversuch Rauischholzhausen 2002

Termin	Prüfglieder			Mittelwert	p-Wert	$GD_{5\%}$
	1	2	3			
1. CCI-Werte						
BBCH 45 (10.06.02)	14,2	24,8	24,1	21,0	0,000	1,45
BBCH 70 (15.07.02)	1,0	13,7	16,4	10,4	0,000	1,71
BBCH 70 (19.07.02)	0	13,5	17,2	10,2	0,000	1,84
BBCH 71 (22.07.02)	0	3,7	5,4	3,0	0,000	1,51
2. Anteil grüner Blattfläche (%)						
BBCH 70 (19.07.02)	0	27,5	58,3	28,6	0,000	5,27
BBCH 71 (22.07.02)	0	5,7	30,0	11,9	0,000	2,09
BBCH 71 (23.07.02)	0	1,7	8,2	3,3	0,000	1,32
BBCH 72 (24.07.02)	0	0	0,7	0,2	0,002	0,24

Die Ergebnisse der Bonituren (1-9) des Mehltaus (*Erysiphe graminis*), der in diesem Versuch als der wichtigste Schaderreger angesprochen wurde, sind in der Tab. 2 dargestellt. Der Befall setzte etwa zu Blühbeginn ein und nahm während der Blühphase des Weizens stark zu. Die Fungizidbehandlung mit Juwel Top reduzierte den Mehltaubefall deutlich (s. Tab. 3).

Zur Klärung physiologischer Effekte der Fungizidapplikation wurden Messungen zur Chlorophyllfluoreszenz einzelner lichtadaptierter Blätter des Weizens vorgenommen. Gemessen wurde die momentane photochemische Effizienz (Yield = (Fm´-Ft)F) der Blätter an der wachsenden Pflanze (zerstörungsfrei) im Gefäß. Die Messwerte sind in der Abb. 1 dargestellt. Es ist zunächst zu erkennen, dass sich die Spannweite der Yield-Werte während der Messperiode in einem schmalen Bereich von 0,70 bis 0,80 bewegt. Werte in diesem Bereich werden für die Lichtausnutzung der Photosynthese als normal angesehen. Von einer Störung der Photosynthese kann somit nicht ausgegangen werden. Weiterhin ist festzustellen, dass mit zunehmendem Entwicklungsverlauf der Pflanze (von DC 60 bis DC 75) eine Abnahme der photochemischen Effizienz der Blätter einhergeht (vgl. Abb. 1). Während des Entwicklungsverlaufes der

Pflanzen traten somit Änderungen in der Lichtausnutzung der Photosynthese ein, die unabhängig von der Behandlung der Pflanzen sind.

Tab. 2: Mehltau-Befall (Boniturwerte) des Weizens im Gefäßversuch Rauischholzhausen 2002

Variante	Fahnenblatt	Mitte der Pflanze	Halmbasis	Gesamte Pflanze
12.06.2002 (DC 56)				
N0	0,33	0,22	0,06	0,20
N1	1,06	1,78	4,94	2,59
N1 + Fungizid	1,39	1,44	3,17	2,00
25.06.2002 (DC 65)				
N0	0	0	0	0
N1	5,92	6,25	6,42	6,19
N1 + Fungizid	3,92	4,17	4,00	4,03

Vergleichsweise große Differenzen in der photochemischen Effizienz traten zwischen den Prüfgliedern N0 und N1 zu DC 65 auf (vgl. Abb. 1). Der N-Mangel in der N0-Variante hat sich somit zu diesem Zeitpunkt relativ deutlich auf die physiologische Aktivität der Pflanze ausgewirkt. Gleiches trifft auf die Fungizidapplikation zu, die besonders zu DC 65 und zu DC 75 zu höheren Yield-Werten führte, was auf eine Verbesserung der photochemischen Energieausnutzung der Weizenblätter (Fahnenblätter) schließen lässt. Die Differenzen zwischen den Varianten waren gering aber statistisch gesichert.

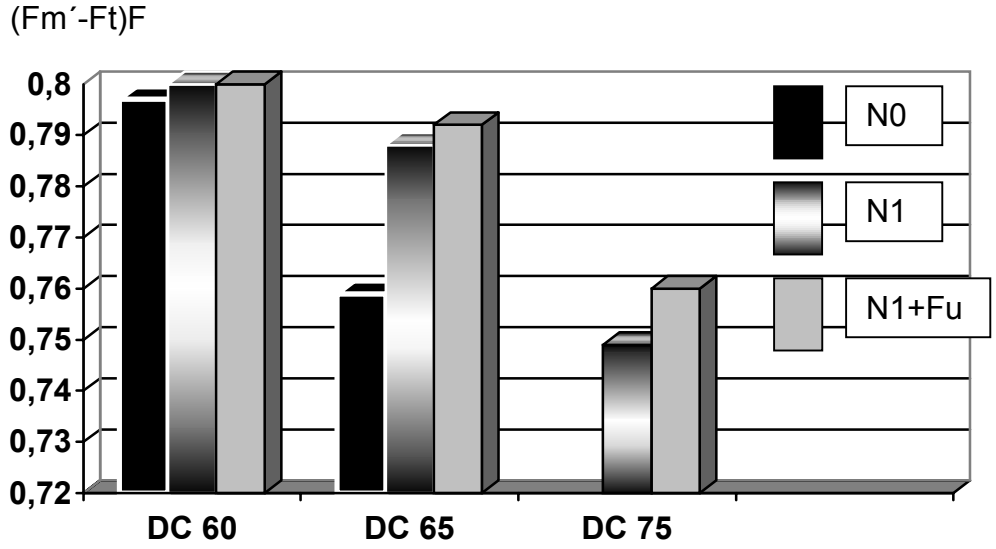


Abb. 1: Photochemische Effizienz [(Fm´-Ft)F´] des Weizens in Abhängigkeit von N-Düngung und Fungizidapplikation, Gefäßversuch Rauischholzhausen 2002

Tab. 3: Ausprägung der Ährenstruktur des Weizens in Abhängigkeit von N-Düngung und Fungizidapplikation im Gefäßversuch Rauischholzhausen 2002

Prüfmerkmale	Prüfglieder			F-Wert	p-Wert	$GD_{5\%}$
	1	2	3			
Pflanzenlänge (cm)	93,5	94,5	94,3	0,67	0,520	1,26
Ähren/Gefäß	22,5	53,2	52,2	395,0	0,000	1,69
Ährenlänge (mm)	72,7	77,4	78,8	11,3	0,000	1,27
Ährchen/Ähre	15,6	15,5	15,7	0,9	0,415	0,18
Ährenmasse (g)	1,41	1,38	1,54	9,3	0,000	0,05
KZ/Ähre	31,5	32,2	34,6	10,2	0,000	0,83
KM/Ähre (g)	1,05	1,11	1,25	15,4	0,000	0,04
TKG (g)	33,4	33,8	35,4	4,6	0,011	0,79
Rp-Gehalt (% TM)	7,4	12,6	12,2	381,7	0,000	0,28

Der in der Variante 1 induzierte N-Mangel führte erwartungsgemäß zu einer geringeren Ausprägung zahlreicher Merkmale der Pflanzen- und Ährenmorphologie (Pflanzenlänge, Ährenlänge, Ährenzahl, Kornzahl/Ähre, Kornmasse/Ähre) sowie zu einem geringeren Proteingehalt in den Karyopsen (vgl. Tab. 3). Die Applikation des Fungizids bewirkte demgegenüber eine verbesserte Fertilität der Ähren (höhere KZ/Ähre, eine höhere Ährenleistung (KM/Ähre) und eine verbesserte Kornausbildung (höheres TKG). Die Fungizidapplikation hat somit sehr deutlich die Bildung und Akkumulation von Assimilaten in der Weizenpflanze verbessert. Der Proteingehalt im Samenkorn ist in der Variante 3 (mit Fungizid) signifikant geringer als in der Variante 2 (ohne Fungizid). Dieser Effekt ist eine Folge der besseren Endospermausbildung (größeres TKG), woraus höhere Stärkegehalte und geringere Proteingehalte im Samenkorn resultieren.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Ertragswirksamkeit der Fungizidmaßnahme nicht nur durch die Minderung der Pilzinfektion zustande kommt, die zu einer Verlängerung der Blattflächendauer des Weizens (größere assimilationsfähige Blattfläche) führt. Die vorliegenden Befunde lassen ebenfalls den Schluss zu, dass der Fungizidwirkstoff (Kresoxim-methyl + Epoxiconazol + Fenpropimorph) auch die physiologische Aktivität der Pflanze, z. B. in Form einer erhöhten photochemischen Energieausnutzung, verbessert.

Literatur

Schreiber, U., Schliwa, U. & W. Bilger, 1986: Continuous recording of photochemical and non-photochemical quenching with a new type of modulation fluorometer, Photosynth. Res. 10, 51-62.

Wu, Y.-X. & A. v. Tiedemann, 2001: Physiological Effects of Azostrobin and Epoxiconazole on Senescence and Oxidative Status of Wheat, Pesticide Biochemistry & Physiology 711, 1-10.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 183–185 (2003)

Einfluss der N-Düngung und Beregnung auf die Zellstruktur der Sprossachsen von Faserhanf (*Cannabis sativa* L.)

Schäfer T. & B. Honermeier *

Einleitung

In verschiedenen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass unterschiedliche N-Düngung und Wasserversorgung beim Faserhanf zu einer deutlichen Veränderung der Pflanzenlänge, des Sprossachsendurchmessers und des Biomasseertrages führen können. Inwieweit diese Faktoren auch die Ausbildung der Faserzellen beeinflussen, wurde bisher jedoch noch nicht näher analysiert. Das Ziel der durchgeführten Arbeiten bestand deshalb darin, den Einfluss der Faktoren N-Düngung und Zusatzberegnung auf die Ausbildung der Primärfaserzellfläche sowie auf die Ausprägung der einzelnen Schichten im Querschnitt der Sprossachse von Hanf (*Cannabis sativa* L.) zu untersuchen.

Material und Methoden

Grundlage der Untersuchungen war ein zweifaktorieller Feldversuch mit Faserhanf, der mit den Prüffaktoren N-Düngung (0, 60, 120 180 kg N/ha) und Beregnung (mit und ohne) in den Jahren 1998 und 1999 am Standort Groß-Gerau (Bodenart = Sl) durchgeführt wurde. Aus allen vier Wiederholungen der 20 m² großen Parzellen wurden kurz vor der Ernte je drei repräsentative, weibliche bzw. monözische Pflanzen der Varianten 0 kg N/ha und 180 kg N/ha entnommen. Aus der Mitte der Sprossachsen wurden Querschnittsproben (tortenstückartige Segmente) von ca. 3 mm Stärke entnommen, nach KARNOWSKI (1995) fixiert, in Kunstharz eingebettet, am Mikrotom geschnitten und unter dem Lichtmikroskop mit einer Digitalkamera bildanalytisch ausgewertet.

Als Prüfmerkmale wurden die Stärken der Epidermis, der Primärfasern, des Kambiums, der Sekundärfasern und des Holzgewebes (Xylem und Mark) mit 240 Messungen je Variante und Prüfmerkmal erfasst. Daneben wurden von den Primärfasern die gesamte Zellfläche, die Lumenfläche sowie die Zellwandstärke im Querschnitt der Sprossachse vermessen (1200 Messungen je Variante und Prüfmerkmal). Die Ergebnisse wurden mit dem Statistikprogramm SPSS verrechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Vermessung der Übersichtsschnitte konnte ein deutlicher Einfluss der Jahreswitterung, der N-Düngung und der Beregnung auf die Ausprägung der Schichtstärken festgestellt werden. Es zeigte sich zunächst, dass im regenreichen Jahr 1999 alle Zellschichten deutlich stärker ausgeprägt waren. Die besseren Wachstumsbedingungen dieses Jahres haben somit zur Ausbildung eines größeren Sprossachsendurchmessers der Hanfpflanzen geführt. In beiden Jahren bewirkte die Erhöhung der N-Düngung auf 180 kg/ha N eine Zunahme der Schichtstärke der Primärfasern, des Kambiums und der Sekundärfasern. Für den Markbereich konnte dies nur im Jahr 1999 beobachtet werden. Die deutliche Vergrößerung des Sprossachsendurchmessers im Jahr 1999 ist vermutlich hauptsächlich auf die Zunahme des Holzbereiches zurückzuführen. Auch HÖPPNER & MENGE-HARTMANN (1995) stellten in ih-

* Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Justus Liebig Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen; e-mail: tanja.schaefer@agrar.uni-giessen.de

ren Untersuchungen einen Jahreseffekt fest, da das Holzgewebe nur in einem der beiden Untersuchungsjahre durch die N-Düngung beeinflusst wurde. Das Kambium, die Sekundärfasern und der Markbereich waren in den durchgeführten Untersuchungen ohne Zusatzberegnung in beiden N-Düngungsvarianten wesentlich stärker ausgeprägt als mit Zusatzberegnung (s. Abb. 1). Vermutlich ist dies auf ein stärkeres Streckungswachstum der zusätzlich beregneten Hanfpflanzen zurückzuführen. Zur Ernte waren diese Pflanzen 50-70 cm größer als die unberegneten. Der Bereich der Primärfasern blieb hingegen von der Beregnung unbeeinflusst und konnte nur durch die N-Düngung beeinflusst werden.

(Verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei p = 0,05.)

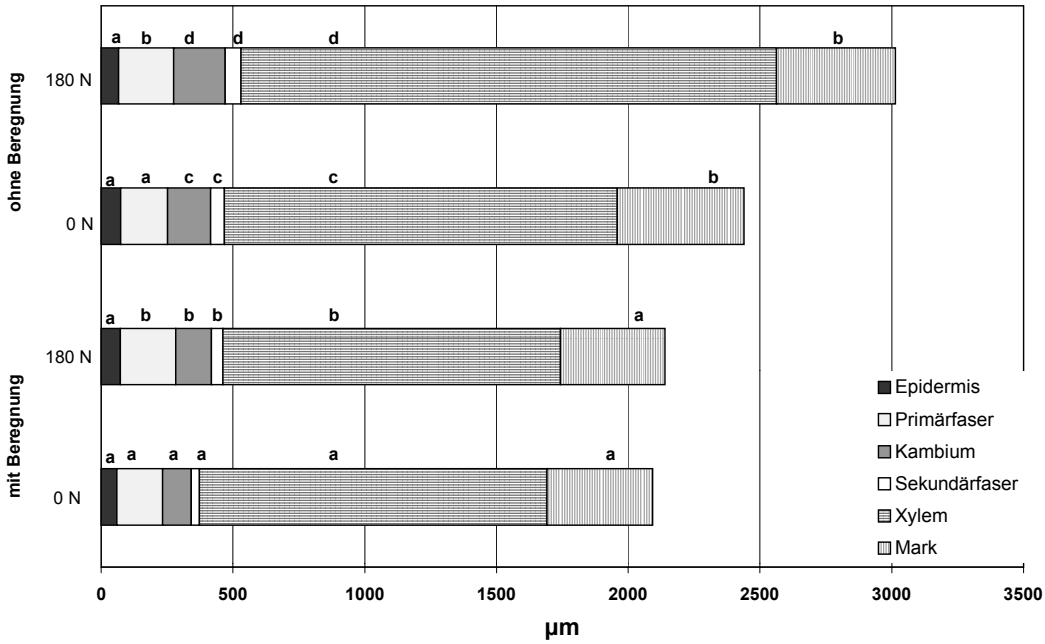


Abb. 1: Schichtstärken im Querschnitt der Sprossachse in Abhängigkeit von der N-Düngung und Beregnung; Groß-Gerau 1998-1999

Neben der Vermessung der Schichten im Querschnitt der Sprossachse sollte die genaue Betrachtung der Primärfaserzellen Aufschluss über die Wirkung von N-Düngung und Beregnung auf die Struktur dieser Zellen geben. Es stellte sich heraus, dass die Fläche der Primärfaserzellen, die des Zelllumens und die Zellwandstärke ebenfalls auf die unterschiedliche Witterung in beiden Versuchsjahren reagierten wie dies bei den Zellschichten im Querschnitt der Sprossachse festgestellt wurde. Bei den Prüfmerkmalen zur Primärfaserstruktur hatte die N-Düngung in Verbindung mit der Beregnung den größten Einfluss. Mit den Faktoren Beregnung und N-Düngung konnten die Primärfaserzellfläche und die Lumenfläche signifikant erhöht werden. Ohne Zusatzberegnung war der N-Düngungseffekt nur andeutungsweise zu erkennen (s. Tab. 1). Es zeigte sich außerdem, dass der Lumenanteil im Jahr 1998 in der beregneten und gedüngten Variante wesentlich stärker zunahm als in der gleichen Variante des darauffolgenden Jahres. Der Grund dürfte hier wiederum in der unterschiedlichen Jahreswitterung zu suchen sein. Im Jahr 1998 konnte aufgrund der trockenen Witterung während der Wachstumsperiode des Hanfes ohne Zusatzberegnung nicht so viel Stickstoff aufgenommen werden wie im darauf folgenden Jahr. Demzufolge blieben die Primärfaserzellen der unberegneten Pflanzen deutlich klei-

ner. Die sich hier andeutenden Wechselwirkungen zwischen Beregnung, N-Düngung und Jahreswitterung konnten aufgrund inhomogener Varianzen und fehlender Normalverteilung der Messergebnisse nicht statistisch abgesichert werden. Erwartungsgemäß nahm die Zellwandstärke in der Regel mit steigendem Lumenanteil ab. Dieser Effekt trat im Jahr 1998 sehr deutlich in Erscheinung, ein Jahr später jedoch nicht mehr (s. Tab. 1).

Tab. 1: Zellfläche, Lumenfläche sowie Lumenanteil und Zellwandstärke der Primärfaserzellen in Abhängigkeit von Jahr, Beregnung bzw. N-Düngung; Groß-Gerau 1998-1999

Jahr	Beregnung	N-Düngung	Zellfläche	Lumenfläche	Lumen-anteil	Zellwand-stärke
		kg/ha	µm²	µm²	%	µm
1998			569,9	94,0	14,4	6,86
1999			625,3	76,6	11,1	7,94
	ohne		556,3	69,7	11,7	7,42
	mit		639,0	101,0	13,8	7,37
		0	549,1	63,6	10,7	7,44
		180	646,2	107,1	14,8	7,35
$GD_{5\%}$			16,0	6,3	0,6	0,12
	$GD_{5\%}$		15,9	6,2	0,6	0,12
		$GD_{5\%}$	15,9	6,2	0,6	0,12

Nach FRANKEN (1998) sind Leinfasern um so zugfester, je geringer der Lumenanteil der Fasern ist. Sollte dies auch für Hanffasern zutreffen, so sind die ungedüngten Fasern tendenziell als zugfester zu betrachten. Es kann dann aus den vorliegenden Ergebnissen geschlussfolgert werden, dass zur Erzeugung zugstabiler Hanffasern eine moderate N-Düngung des Bestandes sinnvoll ist. Zu hohe N-Gaben oder eine zu starke N-Freisetzung durch Mineralisation organischer Substanz im Boden (z. B. bei humusreichen Böden oder bei hohen Pflanzenrückständen der Vorfrucht) könnte somit die Faserqualität (Zugfestigkeit) verschlechtern.

Literatur

Karnovsky, M.J. (1965): A Formaldehyde-Glutaraldehyde Fixative of High Osmolality for Use in Electron Microscopy. Journal of Cell Biology, Vol. 27, page 137A-138A

Höppner, F., Menge-Hartmann, U. (1995): Cultivation Experiments with two fibre varieties. Journal of International Hemp Association 2 (1), p. 18-22

Franken, S. (1998): Möglichkeiten der Bildanalytik zur Beschreibung genotypischer Differenzen in der Morphologie von Leinstängeln und –fasern und Nutzung dieser Methode für die Selektion eines zur Industriefasernutzung geeigneten Leins (Linum usitatissimum); Dissertation am Institut für Pflanzenbau der Rheinisch Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 186–189 (2003)

Einfluss langjähriger Düngung auf Ertrag und Qualität von Silomais

Lothar Schmidt*

Einleitung

Die Düngung zählt zu den nachhaltig wirkenden agronomischen Maßnahmen, da sie neben ihrem direkten Einfluss auf Pflanzenertrag und –qualität auch die Bodeneigenschaften verändert. Dauerdüngungsversuche sind erforderlich, um die langfristigen Bodeneffekte zu erfassen. Neue Fließgleichgewichte im Nährstoffhaushalt des Bodens stellen sich erst nach 30 bis 50 Jahren ein (Schmidt et al. 2000), die das neue Düngungsniveau charakterisieren. Im Beitrag werden themenrelevante Ergebnisse von vier Dauerdüngungsversuche des Kühnfeldes in Halle/Saale dargelegt.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort befindet sich am nordöstlichen Rand der Magdeburger Börde in 113 m ü.NN. Das Klima wird durch seine Lage im Regenschatten des Harzes geprägt. Im langjährigen Mittel fielen 494 mm Regen, betrug die Lufttemperatur 9,2°C und schien die Sonne 1684 h. Die leicht lessivierte Braun-Schwarzerde auf Sandlöss (55-70 % Sandanteil, 80-120 cm tief) über Geschiebemergel wird charakterisiert durch pH 6,1-6,3, 1,2-1,5 % $C_{org.}$, 11-14 mval KAK 100 g $^{-1}$ Boden und 110-140 l m^{-2} nFK bei einem Grundwasserstand von 1-2 m unter Flur. Der jährliche N-Eintrag aus der Atmosphäre beträgt ca. 50 kg ha^{-1}.

Der Ewige Roggenbau wurde 1878 von Julius Kühn begründet und beinhaltet folgende Düngungsvarianten ohne Wiederholungen: StI...12 t Stalldung; NPK...40 bzw. 60 (seit 1991), 24 resp. 75 kg; PK; St+NPK; U...ungedüngt und StII...8 t von 1893 bis 1952 (Angaben je ha und Jahr). Die 1000 m^2 großen Parzellen wurden im Herbst 1961 dreigeteilt. Auf dem nördlichen Drittel wird seit 1962 Silomais in Monokultur angebaut.

Von den 1949 durch Schmalfuß angelegten Dauerversuchen werden Ergebnisse vom Kaliversuch (Feld C) mit folgenden Varianten 0, 60, 120 und 240 kg K (ha a)$^{-1}$, vom Feld F1 zur mineralisch-organischen Düngung: 0, NP, NK, PK, NPK (50, 30 resp. 150 kg), 2NPK (100 kg N), 3NPK (200kg N), St (20 t Stalldung) und kombinierte St+NPK (Angaben je ha und Jahr) sowie der Strohdüngungsversuch (Feld F2a) mit 5 t und ohne Strohdüngung bei gestaffelter N-Düngung: 0, 50, 100, 200 kg ha^{-1}, ausgewertet. Der Silomais wird in diesen Versuchen in fünf- (Feld C) bzw. sechsfeldriger (Feld F) Fruchtfolge auf 30 m^2 großen Parzellen in 3 bzw. 6 Wiederholungen angebaut, wodurch eine varianzanalytische Auswertung möglich ist. Ausführlichere Versuchsangaben sind bei Schmidt et al. (2002) zu finden. Zur Beurteilung der Düngewirkung werden als Prüfmerkmale der Trockenmasseertrag, der Trockensubstanzgehalt und der Kolbenanteil (% der TM) im Erntegut herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Düngung hatte in allen vier Versuchen einen bedeutenden Einfluss auf den Trokkenmasseertrag des Silomaises. In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse vom Ewigen Roggenbau, Abt. A, gegliedert nach vier Versuchsperioden, enthalten.

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Julius-Kühn-Str. 31, 06112 Halle/S.

Tab. 1: Abhängigkeit des Silomais-TM-Ertrages (dt ha^{-1}) von der Düngung im Ewigen Roggenbau Abt. A, 1962-2002

Jahre	StI	PK	NPK	N/St+NPK	U	StII
1962-71	72,3	46,5	70,6	46,6	28,2	48,7
1972-81	69,8	42,1	64,7	37,3	26,3	37,2
1982-90	71,0	39,8	65,1	40,7	29,8	39,5
1991-02	101,7	50,1	98,0	109,7	35,8	53,1

Mangeldüngung führte in jedem Falle zu einer deutlichen Minderung des Ertrages um bis zu 70 % im Vergleich zur Standardvariante StI. Zwischen N- und PK-Mangel bestand kein deutlicher Ertragsunterschied (1962-1990) ebenso zwischen den Varianten StI und NPK. Auch nach Angleichung der N-Düngemenge beider Varianten auf 60 kg ab 1991 war noch keine Ertragsüberlegenheit der NPK-Düngung wie bei Winterroggen (Schmidt et al. 2000) feststellbar, die auf eine effektivere Nährstoffverwertung von Mineraldüngern hinweist, sondern die geringfügige Ertragsunterlegenheit war nach wie vor erhalten geblieben, Die Umwandlung der N-Düngung in eine kombinierte NPK+St-Düngung mit 120 kg N/ha führte zu einem sprunghaften Ertragsanstieg. Die allgemeine Ertragserhöhung in der letzten Versuchsperiode bei allen Varianten ist wahrscheinlich hauptsächlich auf die Einführung leistungsfähigerer Sorten, Boss und ab 1996 Lenz, zurück zu führen. Weiterhin ist der noch um 48 % höhere Ertrag der Variante StII gegenüber U nach 45 Jahren ohne Düngung hervorzuheben, welcher durch die Nachwirkung der 60-jährigen Stallmistdüngung hervorgerufen wurde.

Die Ergebnisse vom Feld F1 weisen prinzipiell eine gleiche Wirkung der differenzierten Düngung auf den Silomaisertrag wie beim Ewigen Roggen nach. Durch den besseren Boden (Sandanteil ca. 55 %) und den Anbau in der Fruchtfolge war der durch Mangeldüngung verursachte Minderertrag relativ niedriger (Tab. 2).

Tab. 2: Einfluss der Düngung auf den Silomais-TM-Ertrag (dt ha^{-1}) Feld F1, 1958-2000 (n=8)

Variante	kg N ha^{-1}	davon kg Mineral-N	dt TM ha^{-1}
0	0	-	79,1
PK	0	-	85,2
NP	100	100	107,2
NK	100	100	114,8
NPK	50	50	111,7
St	100	0	108,4
2NPK	100	100	118,5
NPK+St	150	50	121,4
2NPK+St	200	100	125,7
3NPK	200	200	142,9

Die Ergebnisse weichen von denen des Ewigen Roggenbaus hinsichtlich der N-Ausnutzung aus Mineraldünger und Stalldung ab. 100 kg Stallmist-N erbrachten keine signifignikant höheren Erträge im Vergleich zu 50 kg Mineraldünger-N. Auch der Vergleich der anderen Varianten ergibt eine ertragseffektivere Mineral-N-Verwertung, die wahrscheinlich auf die günstigere N-Bereitstellung zur Hauptbedarfszeit des Maises ab Juli bis Mitte August des sorptionsreicheren Bodens im Vergleich zum Ewigen Roggenbau (69 % Sand) bei einmaliger N-Gabe vor der Aussaat und damit geringeren N-Verlusten (Schliephake et al. 1999) zurück geführt werden kann. Die immer

noch hohen Erträge der NK-Variante deuten auf ein hohes P-Nachlieferungsvermögen des Bodens hin, das nach 50 Jahren P-Mangeldüngung noch nicht erschöpft ist.

Auch im Strohdüngungsversuch (F2a) hatte die N-Düngung einen signifikant positiven Effekt auf den TM-Ertrag des Silomaises (s. Abb.). Die Strohdüngung ohne N-Gabe verursachte eine signifikante Reduzierung des Ertrages.

Unterlassung von Kalidüngung (Feld C) bedingte eine signifikante Minderung des Trockenmasseertrages von Silomais. Bis zur K_2 -Stufe mit einer ausgeglichenen K-Bilanz (Schmidt et al. 2002) wurden signifikant steigende Trockenmasseerträge (Tab. 3) ermittelt.

Tab. 3: Einfluss der K-Düngemenge auf den Trockenmasseertrag (dt ha^{-1}) des Silomaises, Feld C, 1988-2002

K-Stufen	K_0	K_1	K_2	K_4
kg K $(ha\ a)^{-1}$	0	60	120	240
dt $(TM\ ha\ a)^{-1}$	130,1	142,1	146,0	147,3

Die Düngung veränderte ebenfalls die Qualitätsparameter Trockensubstanzgehalt und Kolbenateil des Silomaises bedeutend. Mangeldüngung reduzierte sowohl im Versuch Ewiger Roggenbau als auch auf Feld F den Trockensubstanzgehalt im Erntegut des Silomaises (Tab. 4).

Tab. 4: Mittlerer Trockensubstanzgehalt (%) von Silomais ausgewählter Düngungsvarianten aus Dauerversuchen in Halle

Ew. Roggen	U	PK	StII	N/NPK+St	StI	NPK
1962-1990	24,9	26,2	25,7	24,4	27,1	27,4
1991-2002	34,0	34,1	35,4	37,1	36,7	38,6
Feld F1	0	NPK	St	2NPK	NPK+St	3NPK
1958-2000	26,4	28,4	28,4	32,2	28,4	32,7
Feld F2a	Stroh0N	Stroh100N	Stroh200N	0N	100N	200N
1958-2000	27,6	28,4	28,8	28,1	30,1	30,7

Weiterhin ist eine positive Beziehung zwischen N-Düngemenge und Trockensubstanzgehalt zu erkennen, besonders deutlich im Strohdüngungsversuch. Die Strohdüngung führte insbesondere ohne N-Gabe zu einer deutlichen Senkung des TS-Gehaltes.

Durch die differenzierte K-Düngemenge (Feld C) wurde keine gerichtete Wirkung auf den TS-Gehalt beobachtet.

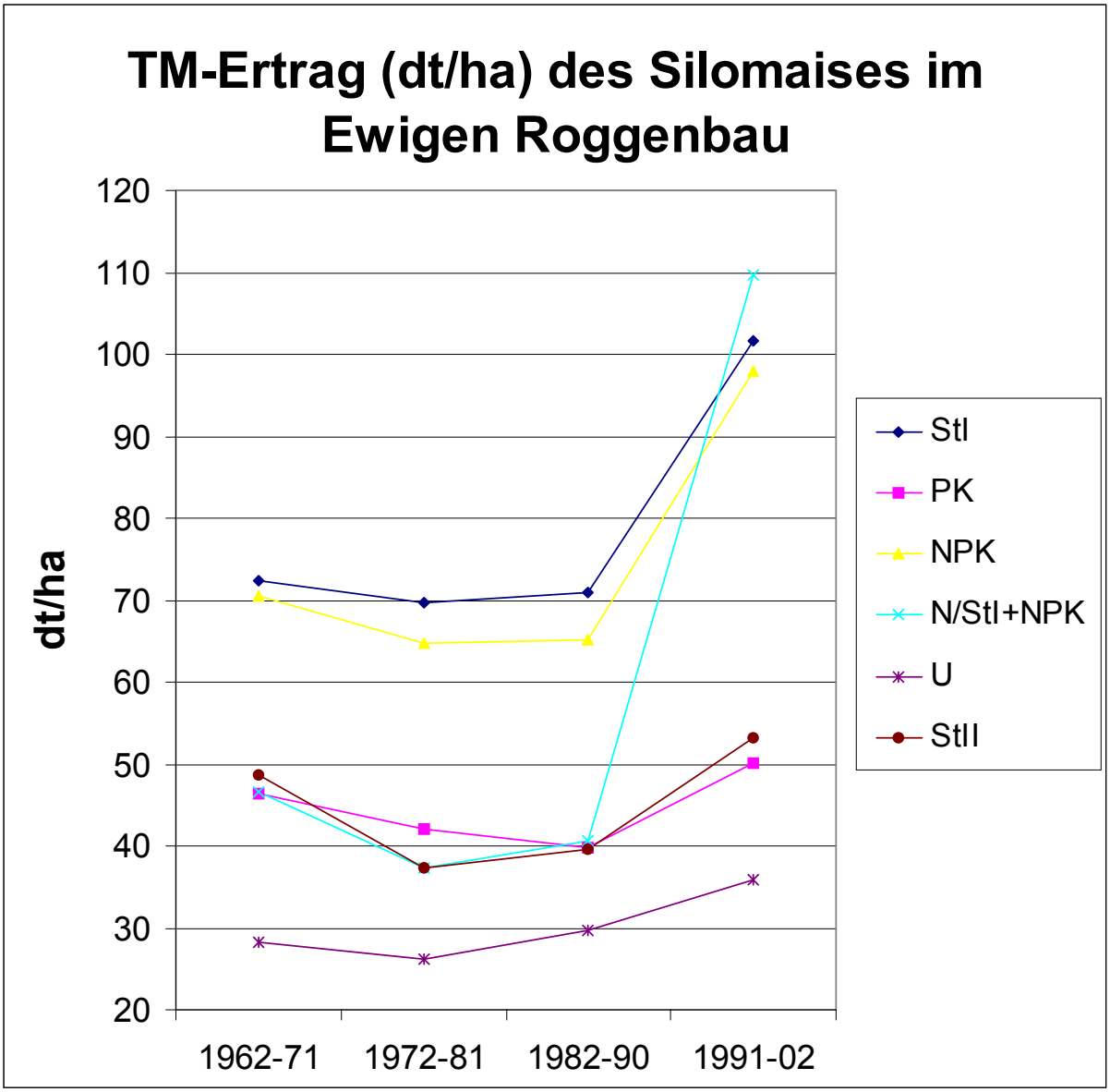
Der Düngungseffekt auf den Kolbenanteil des Silomaises im Ewigen Roggenbau ist aus der Tabelle 5 ersichtlich.

Tab. 5: Mittlerer Kolbenanteil (% der TS) des Silomaises, Ewiger Roggenbau Abt. A

Jahre	NPK	StI	N/NPK+St	StII	PK	U
1962-1979	37,2	36,3	33,2	31,4	27,8	21,4
1998-2002	66,3	63,5	62,6	50,8	53,1	46,4

In den beiden Untersuchungsperioden wurden jeweils signifikant unterschiedliche Kolbenanteile zwischen den voll- und mangelgedüngten Varianten ermittelt, wobei in der 1. Periode die N-Mangelvarianten PK und U) gegenüber StII und N nochmals

deutlich abfielen. Die erheblichen Unterschiede im Kolbenanteil zwischen den beiden Perioden sind vor allem auf Sorteneinfluss zurückzuführen.



Literatur

Schliephake, W., Garz, J. u. Stumpe,H.: Verbleib des ^{15}N nach einmaliger Verabreichung von markiertem Düngerstickstoff im Dauerversuch Ewiger Roggenbau Halle. J. Plant Nutr. Soil Sci. (1999), 162, 429-453

Schmidt, L. et al.: The influence of fertilization on soil organic matter and plant yield in the long-term Eternal Rye trial in Halle (Saale), Germany. J. Plant Nutr. Soil Sci. (2000), 163, 639-648

Schmidt, L. et al.: Exkursionsführer zu den Dauerdüngungsversuchen auf dem Julius-Kühn-Versuchsfeld in Halle (Saale). Univ. Halle, 2002, 53 S.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 190–193 (2003)

Vergleich der Nitratkonzentrationen im Grund- und Sickerwasser bei variierter Düngungsintensität im Dauergrünland und in einer Maismonokultur – Erste Ergebnisse -

J. Bobe, M. Wachendorf, M. Büchter und F. Taube *

Einleitung

Auf der schleswig–holsteinischen Geest befinden sich überwiegend sandige Böden mit einer geringen Sorptionskapazität für Wasser und Nährstoffe. Wasserlösliche Verbindungen wie z.B. Nitrat (NO_3^-) unterliegen einem hohen Auswaschungsrisiko. Dieses Risiko bezieht sich vorwiegend auf intensiv genutzte Weiden, da hier zusätzlich zur mineralischen N-Düngung eine Exkrementstickstoffrückführung stattfindet. Als Folge sind zu Beginn der Sickerwasserperiode im Herbst sehr hohe N_{min}-Werte zu finden, die mit dem winterlichen Sickerwasser aus dem effektiven Wurzelraum ins Grundwasser verlagert werden können. Auch die N-Verluste unter Silomais werden in der Literatur als hoch eingestuft (SIMON et al., 1988). Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zu klären, inwieweit die im Sickerwasser gewonnenen Werte Aussagen hinsichtlich der Kontamination des Grundwasser zulassen und ob im Unterboden mit weiteren Umsetzungsprozessen (z.B. Denitrifikation) zu rechnen ist. Denitrifikation kann durch den mikrobiellen Abbau von Nitrat im Unterboden eine Verminderung der Nitrateinträge ins Grundwasser bewirken (NIEDER et al., 1989).

Im Rahmen des N-Projektes Karkendamm, das sich mit der Optimierung der N-Verwertung im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb beschäftigt, wurden über 5 Jahre hinweg das Sickerwasser und das oberflächennahe Grundwasser unter verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten des Grünlands sowie einer Maismonokultur untersucht. Sickerwasserproben zur Ermittlung der NO_3^--Konzentration wurden im Feldversuch anhand von Saugkerzen gewonnen. Dieser Methode gegenüber steht die Messung der NO_3^--Konzentration des am Standort neugebildeten Grundwassers.

Material und Methoden

Die zugrundeliegenden Daten wurden in einem Feldversuch auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der Universität Kiel erhoben. Dieser befindet sich im Übergangsgebiet der Niederen zur Hohen Geest in der Nähe von Bad Bramstedt. Der ∅-Jahresniederschlag beträgt 824 mm bei einer ∅-Jahrestemperatur von 8,4 °C. Die Bodenart ist ein humoser Sand, der Bodentyp unter dem Grünlandversuch ein Treposol (tiefumgebrochener Gley-Podsol) bzw. unter dem Maisversuch ein Gley-Podsol.

In den einzelnen Varianten des insgesamt 2,5ha großen Grünlandversuches wurde zusätzlich zu dem mittels keramischer Saugkerzen gewonnen Sickerwassers eine Beprobung des oberflächennahen Grundwassers durchgeführt. Hierzu wurden insgesamt neun Grundwasserrammfilter im Grünlandversuch installiert. Mit Ausnahme der ungedüngten Kontrollvariante handelt es sich bei den untersuchten Varianten um Weißklee-/Grasbestände. Die Mähweiden unterschieden sich durch einmalige (MW I) bzw. zweimalige (MW II) Schnittnutzung und anschließende Beweidung von der reinen Weidenutzung. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die beprobten Varianten:

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Tab. 1: Bewirtschaftung der untersuchten Varianten des Grünlandversuchs

System	Weide (ohne Klee)	Weide	Weide	Weide	Weide	Mähweide I	Mähweide I	Mähweide II	Mähweide II
Düngungsintensität (kg N ha^{-1})	0	0	100	200	300	0	300	100	200
Anzahl der Schnitte/ Umtriebe	5	5	6	6	6	1/5	1/5	2/4	2/4

Der 1,5 ha große Maisversuch wurde 1997 in Form einer dreifaktoriellen Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Bewirtschaftung variierte über die Faktoren Rindergülle (0, 20 und 40 m^3 ha^{-1} $Jahr^{-1}$) und N-Mineraldüngung (0, 50, 100 und 150 kg ha^{-1} $Jahr^{-1}$). In den einzelnen Varianten einer Wiederholung wurden insgesamt zwölf Grundwasserfilter installiert.

Die Gewinnung des Sickerwassers erfolgte mittels keramischer Saugkerzen (Mullit, Länge 50 mm, Durchmesser 20 mm, Poren <1µm). Der Einbau der Saugkerzen erfolgte 1997, die Beprobung in den Jahren 1997-2001. An die mit den Saugkerzen verbundenen Sammelflaschen wurde kontinuierlich ein von der Pumpe ausgehender Unterdruck angelegt. Die Sickerwasserprobenahmen fanden in wöchentlichen Abständen statt. Eine aliquote Unterprobe wurde im Labor umgehend photometrisch bei 680 nm auf Nitrat analysiert. Die Beprobung des Grundwassers erfolgte ebenfalls in wöchentlichen Abständen. Hier wurde eine Probe per Handschöpfbehälter entnommen und im Labor auf Nitrat analysiert. Des Weiteren erfolgte eine Bestimmung der Grundwasserflurabstände mittels einer Brunnenpfeife.

Ergebnisse und Diskussion

Vergleich der Nitratkonzentrationen im Grund- und Sickerwasser:

Die Nitratkonzentration im Grundwasser unter dem Dauergrünland (Abb.1 A) fällt umso geringer aus, je höher die Nitratkonzentration im Sickerwasser ist. Diese systematische Abweichung legt die Vermutung nahe, dass im Bereich der ungesättigten Zone unterhalb des Wurzelraumes Denitrifikationsprozesse stattfinden. Es existiert eine rein chemische Denitrifikation, die als bakteriell katalysierte Reaktion unter Oxidation von Eisensulfiden stattfindet (KÖLLE et al., 1983). Als Endprodukte entstehen N_2 oder N_2O. KÖLLE et al. (1983) fanden heraus, dass Melnikovit-Pyrit am besten oxidiert wird. Dieser stellt unter natürlichen Bedingungen den Hauptbestandteil der Eisensulfide im reduzierten Horizont von Gley-Böden dar. Da es sich bei dem vorliegenden Standort um einen tiefgepflügten Gley-Podsol handelt, scheinen derartige Denitrifikationsprozesse am untersuchten Standort abzulaufen.

Die Nitratkonzentrationen im Sicker- und im Grundwasser unter der Maismonokultur weisen nahezu identische Verläufe auf. Auf dieser Fläche scheinen demnach keine größeren Umsetzungsprozesse des Stickstoffs auf dem Weg ins Grundwasser stattgefunden zu haben. Eine Erklärung lässt sich durch hydrologische Eigenschaften des Standortes finden. Im Winterhalbjahr schwanken die Grundwasserstände um einen sehr hohen Pegel. Dadurch verkürzt sich der Weg des Sickerwassers und Denitrifikationsprozesse werden eingeschränkt.

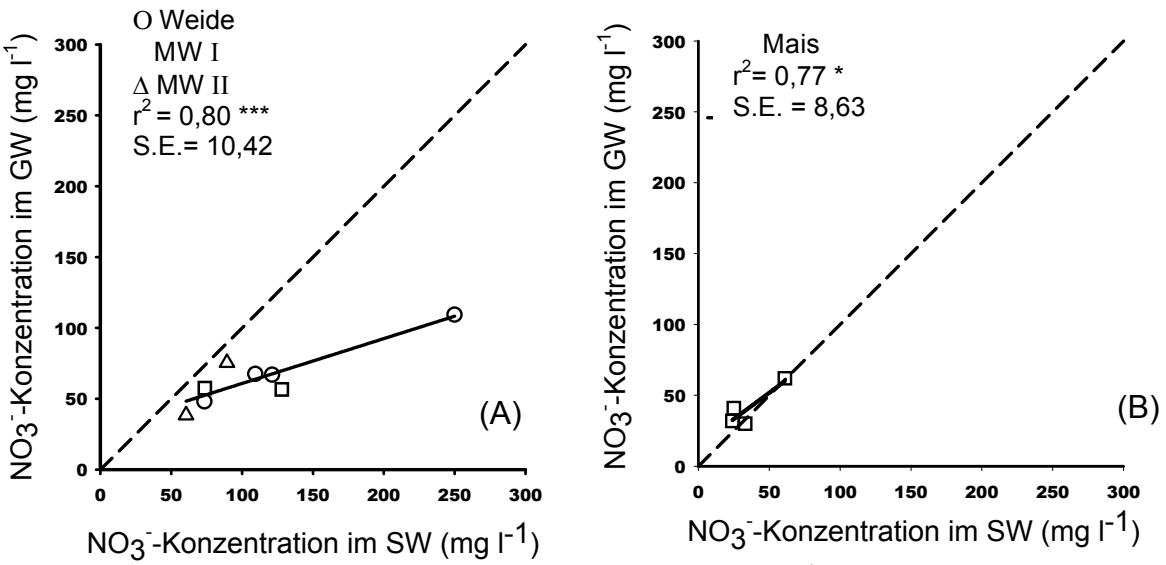


Abb.1: Beziehung zwischen $NO3^-$-Konzentration (mg l^{-1}) im Grund- und Sickerwaser (A) unter Dauergrünland und (B) unter Maismonokultur

N-Saldo und Nitratkonzentration:
Es wurde eine statistisch signifikante Beziehung (r^2=0,60) zwischen N-Saldo und Nitratkonzentration im Grundwasser des Dauergrünlandes unter Einbeziehung aller Nutzungsformen festgestellt (Abb.2 A). Mit steigendem N-Saldo lässt sich auch eine erhöhte Nitratkonzentration im Grundwasser finden. Diese liegen außer bei geringen Bilanzüberschüssen von ca. 50 kg ha^{-1} in der ungedüngten Weidevariante und der Mähweide II mit 100 kg N ha^{-1} durchgehend über dem von der EU vorgegeben Nitratgrenzwert im Grundwasser von 50 mg l^{-1}. Untersuchungen aus den Niederlanden auf sandigen Böden zeigen einen Nitrateintrag in das Grundwasser von 63 mg l^{-1} bei einem Bilanzüberschuss von 156 kg ha^{-1} a^{-1} (BOUMANS, L.J.M. et al., 2001). Überträgt man diesen Überschuss auf die vorliegende Untersuchung, würde sich eine durchschnittliche Nitratkonzentration von 53 mg l^{-1} im Grundwasser wiederfinden lassen.

Auch für die Beziehung zwischen N-Saldo und Nitratkonzentration im Grundwasser unter Maismonokultur wurde eine statistisch signifikante Beziehung (r^2= 0,61) festgestellt (Abb.2 B). Im Vergleich zu den unter Dauergrünland gefundenen Werten zeigen sich in der Monokultur negative bis schwach positive N-Salden. Einzig in der mit 150 kg N ha^{-1} gedüngten Variante liegen die Nitratkonzentration bei einem Bilanzüberschuss von 63 kg N ha^{-1} über der EU- Richtlinie. Obwohl die N-Verluste durch Nitratauswaschung mit dem Sickerwasser unter Silomais in der Literatur als hoch eingestuft werden und der hoch intensive Maisanbau somit eine potentielle Gefahr für das Grundwasser darstellt, zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass unter Silomais eine geringere Belastung des Grundwassers als unter beweidetem Dauergrünland zu erwarten ist. Hier scheint die insgesamt vergleichsweise geringe Bewirtschaftungsintensität in unserem Experiment verantwortlich für die günstige Situation für den Mais zu sein.

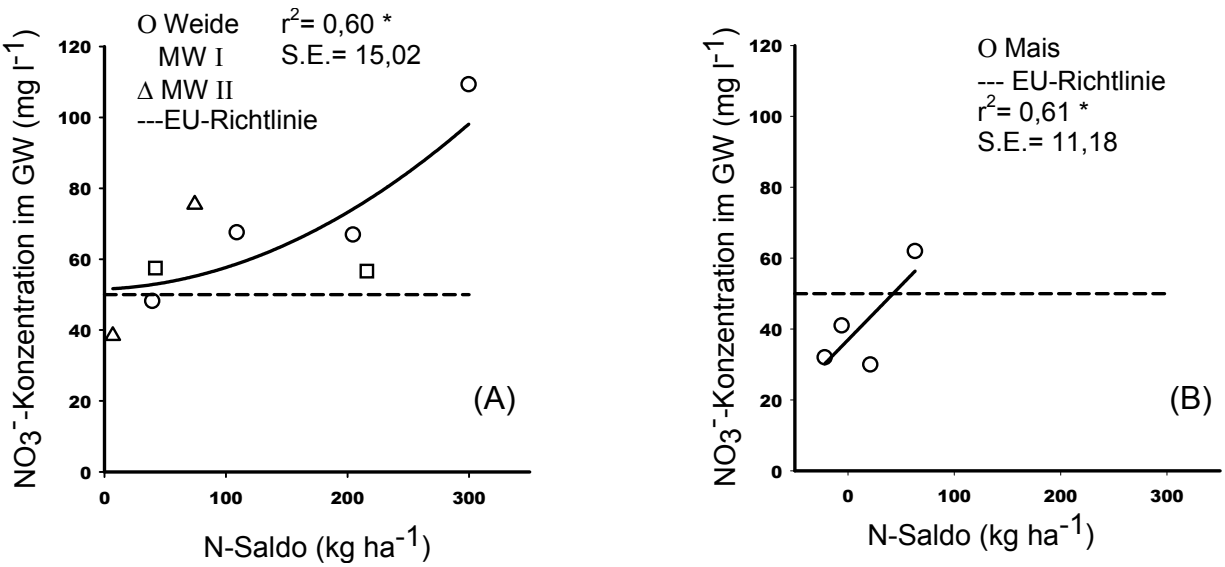


Abb. 2: Beziehung zwischen N-Saldo und $NO3^-$ -Konzentration (mg l^{-1}) im Grundwasser unter (A) Dauergrünland und unter (B) Maismonokultur

Anhand der gewonnenen Ergebnisse lässt sich zusammenfassen, dass mit Hilfe der im Sickerwasser gemessenen Werte Aussagen über die Kontamination im Grundwasser auf sandigen Böden zu treffen sind. Die im Sickerwasser gemessenen NO_3^- -Konzentrationen finden sich nicht vollständig im Grundwasser wieder. Die Vermutung liegt nahe, dass im Unterboden Abbauprozesse stattfinden. Als weitere Größe zur Vorhersage des Nitratgehaltes im Grundwasser lässt sich der N-Saldo heranziehen. Mit Hilfe der vorliegenden Ergebnisse und unter Berücksichtigung anderer Untersuchungen auf vergleichbaren Standorten lassen sich bei Kenntnis der Bilanzüberschüsse Abschätzungen über den Nitratgehalt im oberflächennahen Grundwasser durchführen.

Literatur

Boumans, L.J.M., B. Fraters and G. Van Drecht, 2001: Nitrate in the upper groundwater of “De Marke” and other farms. Neth. J. of Agric. Sci. 49, 163-177.

Kölle, W., P. Werner, O. Strebel und J. Böttcher, 1983: Denitrifikation in einem reduzierenden Grundwasserleiter. Vom Wasser, 61, 125-146.

Nieder, r., g. Schollmayer, h.Zakosek, 1989: Die Rolle der Denitrifikation in landwirtschaftlich genutzten Böden (eine Literaturanalyse). Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 30, 345-355.

Simon, W., B. Huwe & R. R. van der Ploeg, 1988: Die Abschätzung von Nitratausträgen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Hilfe von N_{min}-Daten. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 151, 289-294.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 194–197 (2003)

Futterqualitätsentwicklung, Ertragsleistung und N_2-Fixierungsleistung von Erbsen in Reinsaat und im Gemenge mit Sommergerste

Stefan Wichmann, Ralf Loges und Friedhelm Taube*

Einleitung

Erbsen haben sich aufgrund der verbesserten Ertragsleistung und -stabilität, der Stickstoffselbstversorgung und der positiven Fruchtfolgewirkungen in den letzten Jahren zu einer verbreiteten Anbaualternative entwickelt. Ein großer Vorteil des Futtererbsenanbaus ist die Nutzungsflexibilität. Neben der Aussaat in Reinsaat ist der Gemengeanbau mit Getreide üblich, wobei beide Bestandestypen sowohl zur Körnergewinnung, als auch als Ganzpflanzensilage (GPS) genutzt werden können. Vergleichende Untersuchungen beider Aussaatvarianten besonders im Hinblick auf die Futterqualität von GPS liegen in der Literatur kaum vor. Vor diesem Hintergrund wurden in Feldversuchen auf dem ökologisch bewirtschaften Versuchsgut Lindhof der CAU Kiel Erbsenbestände in Reinsaat und im Gemenge mit Sommergerste geprüft. Vorgestellt werden die Ergebnisse der Qualitätsentwicklung im Zuwachsverlauf, der Ertrags- und N_2-Fixierungsleistung.

Material und Methoden

Basis der Untersuchung bildet ein Feldversuch im „split-plot“ Design, der in den Jahren 1998-2001 auf dem Versuchsbetrieb Lindhof [Bodenart Ls-Sl, Jahresniederschlag 785 mm; Jahresmitteltemperatur 8,7 °C] in dreifacher Wiederholung durchgeführt wurde. Als Faktorstufen wurden die Bestände Erbsenreinsaat [Mittel der Sorten: *Eiffel*, *Duel, Classic, Nitouche;* Aussaatstärke: 75 Körner*m^{-2}] und Erbsen-Sommergerste-Gemenge [Mittel der Sorten: *Eiffel*, *Duel, Classic, Nitouche* und Sommergerste Sorte: *Krona*; Aussaatstärke 50 Erbsenkörner*m^{-2} und 150 Gerstenkörner*m^{-2}] gewählt. Als Referenzpflanze zur Bestimmung der N_2-Fixierungsleistung mittels erweiterter Differenzmethode (HARDY und HOLSTEN, 1975) diente eine ungedüngte Sommergerstereinsaat [Sorte Krona, 300 Körner*m^{-2}]. Untersucht wurden neben dem Kornertrag (Parzellenmähdrescher), die potentiell erntbare Sprossmasse im Zuwachsverlauf (Handbeprobung), die RP-Gehalte und N-Konzentrationen (C/N-Analyser und NIRS). Die Schätzung der umsetzbaren Energie [MJ ME] erfolgte basierend auf dem ELOS-Verfahren nach einer Formel von HERTWIG et al. (unveröffentlicht), die speziell für GPS-Bestände entwickelt wurde. Die Netto-Energie-Lakation [MJ NEL] wurden nach WEISSBACH (1996) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 1. ist die Wechselwirkung Bestandestyp x Beprobungstermin (Be x Ter) im Mittel über drei Jahre für den futterbaulich relevanten Zeitraum bei GPS-Nutzung dargestellt. Die Beprobung in den Einzeljahren fand zu phänologisch gleichen Zeitpunkten statt, wobei Beprobungstermin 2. den Beginn der Erbsenblüte, Termin 3. das Stadium der Hülsenfüllung bzw. Teigreife und Termin 4. den maximalen TM-Ertrag repräsentiert. Zur Charakterisierung des Gemenges ist die Entwicklung des

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau - Ökologischer Landbau der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel;
Kontakt: www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de; swich@email.uni-kiel.de

Erbsenanteiles im Gemenge in Abhängigkeit von Beprobungstermin aufgeführt. Die Bestände wiesen eine leichte Dynamik hin zu Erbsenanteilen von etwas über 60 % an Termin 4. auf. Es wurde festgestellt, dass die Wechselwirkung Be x Ter für alle dargestellten Parameter signifikant gesichert ist. Beim Trockenmasseertrag erreichte an Termin 4. die Erbsenreinsaat ein höheres Niveau als das Erbsen-Sommergerste-Gemenge. Für die Rohproteingehalte zeigte sich zu allen Zeitpunkten eine Überlegenheit der Erbsenreinsaat. Ähnliches gilt bis auf den Wachstumsbeginn (Termin 1.) für den Rohproteinertrag. Die Energiegehalte hatten bei beiden Saatmischungen einen ähnlichen Verlauf, wobei zu den frühen Terminen die Gemenge signifikant höher lagen. An Termin 3., den niedrigsten Niveau im Wachstumsverlauf, erzielte die Reinsaat etwas höhere NEL-Gehalte, während an Termin 4. beide Bestandestypen ein gleiches Niveau von über 6. MJ NEL erreichten. Beim Energieertrag unterschieden sich die beiden Saatmischungen ähnlich wie beim TM-Ertrag nur an Termin 4.

In Abbildung 2. ist der Einfluss der Wechselwirkung Bestandestyp x Versuchjahr (Be x Jahr) auf die Erträge bei Körnernutzung sowie die N_2-Fixierungsleistung und N-Bilanz dargestellt. Es zeigte sich für die Parameter Kornertrag, Gesamtkornrohproteingehalt und Korn-N-Entzug ein signifikanter Einfluss der Wechselwirkung Be x Jahr, der beim Kornertrag durch das Hochertragsjahr 1999 bedingt war. Die Kornrohproteingehalte zeigten in allen Jahren einen Einfluss der Wechselwirkung Be x Jahr, da die RP-Gehalte des Mischanbaues von der Zusammensetzung des Ernteproduktes abhängen. Die Korn-N-Entzüge lagen 1998 bei beiden Beständen auf einem Niveau. Im Jahr 1999 konnten aufgrund des höheren Kornertrages die Gemenge signifikant höhere Entzüge realisierten, während 2001 die Erbsenreinsaat überlegen war. Für die Parameter N_2-Fixierungsleistung und N-Bilanz (N_2-Fixierungsleistung – Korn-N-Entzug) zeigte sich keine Wirkung der Interaktion Be x Jahr, aber ein signifikanter Einfluss der Hauptfaktoren Bestandestyp und Versuchsjahr. In allen Jahre erzielten die Reinsaaten aufgrund der höheren Leguminosendichte höhere N_2-Fixierungsleistungen als die Gemenge. Dieses führte beim reinen Erbsenanbau in der Regel zu ausgeglichenen N-Flächenbilanzen während beim Gemengeanbau in zwei von drei Jahren deutlich negative N-Bilanzen gefunden wurden. Eine Ausnahme bildet das Jahr 1998, wo aufgrund schlechter Erntebedingungen mit vielen Ausfallkörnern die N-Bilanz stark positiv beeinflusst wurde.

Fazit: Es konnte festgestellt werden, dass bei der Produktion von Grundfutter die Erbsenreinbestände aufgrund höherer RP-Gehalte und –Erträge bei ähnlichen Energiegehalten und Erträgen den Erbsen-Gerste-Gemengen überlegen waren. Zu beachten ist, dass es sich hierbei um nicht silierte Bestände handelt. Inwieweit die Futterqualität von Erbsenreinsaaten-GPS bis zur Verfütterung konserviert werden kann hängt von vielen weiteren wichtigen Faktoren, wie z.B. Bergungstechnik, und Trokkensubstanzgehalt ab. Für die alternative Körnernutzung gilt, das Erbsen-Sommergerste-Gemenge in Einzeljahren höhere Gesamtkornerträge als Reinsaaten erzielen können, allerdings bei deutlich niedrigeren Gesamtkorn-RP-Gehalten. Zudem hatten die Gemenge bei Körnernutzung in der Regel negative N-Flächenbilanzen, während die Reinsaaten aufgrund der höheren N_2-Fixierungsleistung für den Standort ausgeglichene N-Bilanzsalden aufwiesen. Bei GPS-Nutzung wären bei beiden Bestandestypen negative N-Flächenbilanzen zu finden, da der komplette oberirdische Aufwuchs abzüglich Stoppeln und Verlusten geerntet werden würde, wobei ein Grossteil des geernteten Stickstoffes nach Verfütterung in Form von Wirtschaftsdünger wieder zurückfließen könnte.

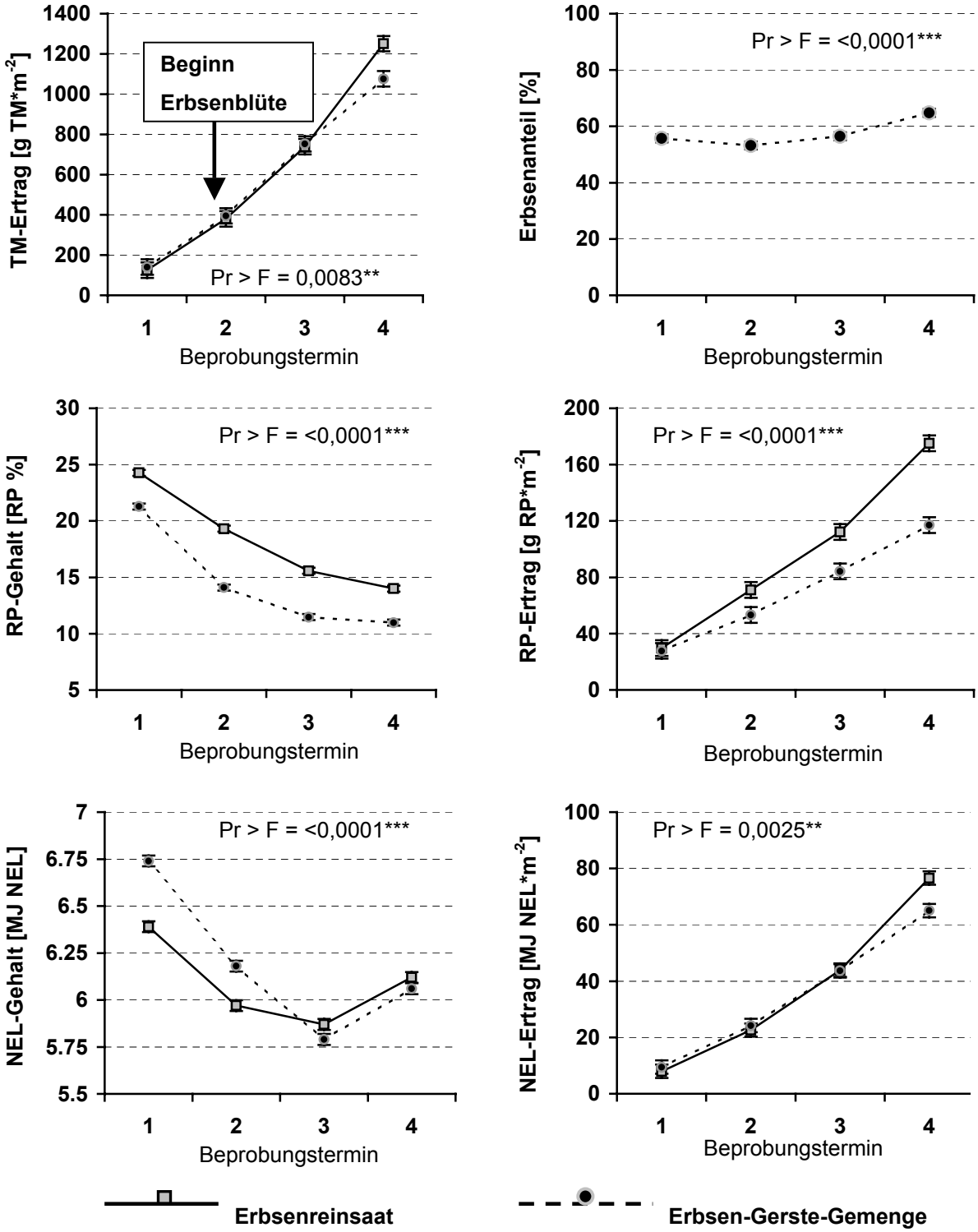


Abb.1: Einfluss der Wechselwirkung Bestandestyp (Erbsenreinsaat vs. Erbsen-Sommergerste-Gemenge) x Beprobungstermin auf Trockenmasseertrag [TM g*m^{-2}], Rohproteingehalt [RP %], Rohproteinertrag [RP g*m^{-2}], Energiegehalt [MJ NEL], Energieertrag [MJ NEL*m^{-2}] sowie der Einfluss des Beprobungstermins auf den Erbsenanteil im Gemenge [%] im Mittel über drei Jahre.

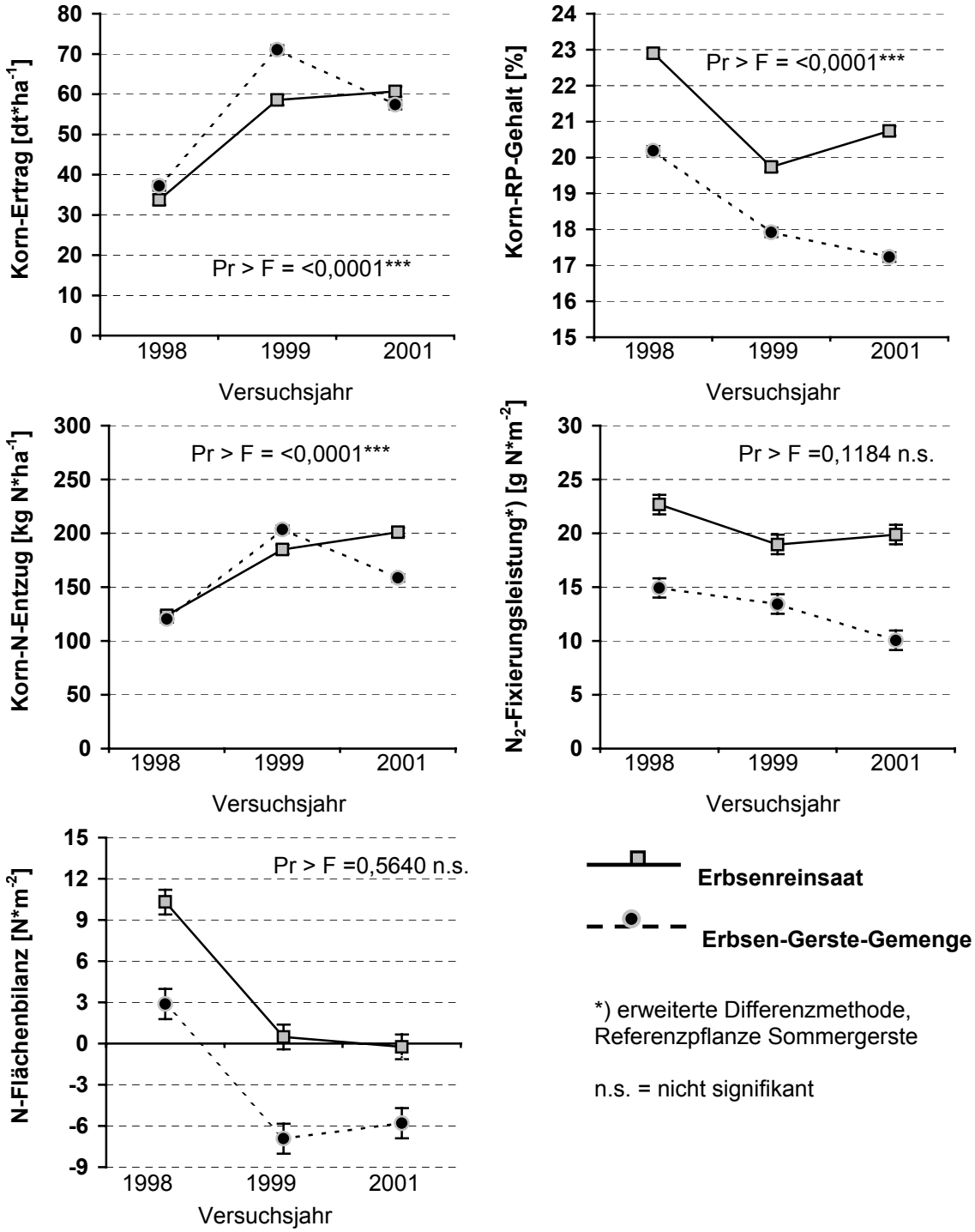


Abb. 2: Einfluss der Wechselwirkung Bestandestyp (Erbsenreinsaat vs. Erbsen-Sommergerste-Gemenge) x Versuchsjahr auf den Kornertrag [dt*ha^{-1}], Kornrohproteingehalt [RP %], Korn-N-Entzug [kg N*ha^{-1}], N_2-Fixierungsleistung [g N*m^{-2}] (ermittelt mit der erweiterten Differenzmethode, Referenzpflanze Sommergerste), sowie der N-Flächenbilanz [g N*m^{-2}].

Literatur

HARDY, R.W.F. und H.D. HOLSTEN 1975: Methods for measurement of dinitrogen fixation. Sec4.:Agronomy and Ecology, John Wiley and Sons, New York, 451-486.

HERTWIG, F., K. H. SÜDEKUM und F. BRÜSEMEISTER: unveröffentlicht

WEISSBACH F.,L. SCHMIDT und S. KUHLA, 1996: Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der NEL aus der umsetzbaren Energie. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 5, 117.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 198–201 (2003)

Eignung verschiedener pflanzenbaulicher Optionen zur Selenat-Applikation in extensiven Weidesystemen

H. Laser *

Einleitung

Nach dem National Research Council (= NRC) in den USA sollte in der Ration für Fleischrinder 100 µg Se kg^{-1} Futter-TS und für laktierende Kühe mindestens 300 µg Se kg^{-1} Futter-TS enthalten sein, wobei bei heranwachsenden Rindern bei Konzentrationen unter 50 µg Se kg^{-1} Futter-TS klinische Mangelsymptome zu beobachten sind. Als maximal tolerierbare Konzentration wird vom NRC 2 mg Se kg^{-1} Futter-TS angegeben (Anonymus 2000). Während sich bei Milchkuhhaltung eine bedarfsgerechte Zufütterung von Se durch entsprechend angereichertes Mineralfutter bewährt hat, gestaltet sich die Supplementierung in extensiven Weidesystemen äußerst problematisch. Se-Düngungsmaßnahmen sind effektiv, aber aus Kostengründen kaum praktikabel (Opitz v. Boberfeld 2002). In dieser Untersuchung wird als kostengünstigere Alternative der Zusatz von Selenat zum Siliergut und die Selenat-Anreicherung von Saatgut für Nachsaatzwecke bewertet.

Material und Methoden

Um zu klären, ob durch eine Zugabe von Selenat zum Siliergut der Fermentationsprozess beeinträchtigt wird, wurde ein Silierversuch mit den in Tab. 1 angegeben Faktoren und Stufen durchgeführt. Zwei möglichst unterschiedliche Aufwüchse wurden auf zwei verschiedene TS-Gehalte vorgetrocknet.

Tab. 1: Varianten im Silierversuch

FAKTOREN		STUFEN		
1	Vorwelkegrad	1.1	30 % TS	
		1.2	40 % TS	
2	Angestrebte Se-Konzentration	2.1	0 µg Se^{-1} kg^{-1} TS	(= 0 g Se Na_2SeO_4 g * t^{-1} TS)
		2.2	75 µg Se^{-1} kg^{-1} TS	(= 0,18 g Se Na_2SeO_4 g* t^{-1} TS)
		2.3	150 µg Se^{-1} kg^{-1} TS	(= 0,36 g Se Na_2SeO_4 g* t^{-1} TS)
		2.4	300 µg Se^{-1} kg^{-1} TS	(= 0,72 g Se Na_2SeO_4 g* t^{-1} TS)
		2.5	1200 µg Se^{-1} kg^{-1} TS	(= 2,88 g Se Na_2SeO_4 g* t^{-1} TS)
3	Erntetermin/Bestand	3.1	Mai (Primäraufwuchs *Festuca arundinacea*)	
		3.2	Juni (zweiter Aufwuchs *Lolium perenne*)	

Dem Siliergut wurden unterschiedliche Mengen Natrium-Selenat zugesetzt um die Zielkonzentrationen einzustellen. Zur Charakterisierung der Silagen wurden folgende Merkmale erfasst: pH-Wert nach Anonymus (1997), NH_3N-Gehalt nach Honold & Honold (1991), Gehalte an Ethanol und flüchtigen Gärsäuren im schwefelsauren Silageextrakt mit Hilfe der Gaschromatographie (Theune 1979) und Gehalt an Milchsäure kolorimetrisch nach Haaker et al. (1983).

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Tab. 2: Varianten im Keimversuch

FAKTOREN		STUFEN	
1	Se-Gabe (bezogen auf 20 kg ha^{-1} Saatgut)	1.1	0 g Se ha^{-1}
		1.2	4 g Se ha^{-1}
		1.3	12 g Se ha^{-1}
		1.4	36 g Se ha^{-1}
2	Wasserspannung (nach Michel & Kaufmann 1973)	2.1	H_20
		2.2	-1 * 10^5 Pa (pF=3,0)
		2.3	-4 * 10^5 Pa (pF=3,6)
3	Licht	3.1	Grünfilter (Simulation eines geschlossenen Blätterdaches)
		3.2	Dunkelheit

Zur Untersuchung einer möglichen Beeinflussung der Keimfähigkeit von Saatgut, das bei Nachsaatmaßnahmen als Träger einer Selenatgabe dienen könnte, wurden in einer Klimakammer unter kontrollierten Umweltbedingungen die Keimfähigkeit von *Lolium perenne* getestet, vgl. Tab. 2. Die erforderlichen Natrium-Selenat-Konzentrationen in den Versuchsmedien errechneten sich auf Basis einer angenommenen Nachsaatmenge von 20 kg Saatgut ha^{-1}. Es wurden aliquot für die untersuchte Samenmenge die Se-Stufen 0 g, 4 g, 12 g und 36 g Se * ha^{-1} bzw. * 20 kg^{-1} Saatgut eingestellt. Die Wasserspannung wurde durch Zugabe von Polyethylenglykol variiert. Nach 21 Tagen wurde die Anzahl der gekeimten Samen erfasst. Begleitend wurden jeweils 20 mit entsprechenden Mengen Selenat behandelte Samen von *Lolium perenne* in Gefäßen ausgesät (= vier Wiederholungen); nach sechs Wochen wurden die TS-Erträge der gebildeten oberirdischen Pflanzenmasse gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Auf Grünland können Selenat-Gaben in Größenordnungen von wenigen g Se ha^{-1} ausreichen, um die Se-Konzentrationen im Aufwuchs auf das für Wiederkäuer notwendige Maß anzuheben (Opitz v. Boberfeld 2002). Da das Spurenelement Se zwar für Weidetiere, aber offenbar nicht für Grünlandpflanzen essentiell ist, ist es nicht zwingend notwendig, dem wachsenden Bestand Se zuzuführen. Eine Alternative könnte sein, lediglich das Erntegut gleichmäßig mit Selenatlösung zu behandeln. Dabei bietet sich eine Anwendung vor dem Einsilieren zum Beispiel in Kombination mit anderen Silageadditiven an. Abb. 1 zeigt, dass der Zusatz von verschiedenen Selenatmengen die Produktion von Milchsäure nicht beeinflusst. Sowohl bei dem Primäraufwuchs von *Festuca arundinacea* als auch bei dem Sekundäraufwuchs von *Lolium perenne* gibt es unabhängig vom Vorwelkegrad selbst bei der den Bedarfswert um ein vielfaches überschreitenden Dosis von 1200 µg Se kg^{-1} TS keinen Hinweis auf einen beeinträchtigten Stoffwechsel der Milchsäurebakterien. Die Veränderungen des pH-Wertes der Silagen in Abhängigkeit von der Selenat-Menge (vgl. Abb. 2) sind im Vergleich der unterschiedlichen Ausgangssubstrate uneinheitlich, in beiden Fällen jedoch futterbaulich irrelevant. Der gesicherte Einfluss der Faktoren Aufwuchs und Vorwelkegrad sowie die Interaktion Aufwuchs x Vorwelkegrad ist wesentlich bedeutsamer. Die Konzentrationen an Buttersäure, Capronsäure, Propionsäure und Valeriansäure liegen unabhängig von der Behandlung unterhalb der Nachweisbarkeitsgrenze. Bezogen auf die Essigsäurekonzentrationen (vgl. Abb. 3) sind nur die Faktoren Aufwuchs und Vorwelkegrad sowie die Interaktion Aufwuchs x Vorwelkegrad signifikant. Auch für die Bildung von Ethanol (nicht dargestellt), das überwiegend durch Stoffwechselaktivität von Hefen und Enterobakterien entsteht, spielt der Selenatzusatz offenbar keine Rolle. Die NH_3-Anteile am Gesamt-N (vgl. Abb. 4) deuten ebenfalls nicht auf einen veränderten Proteinabbau infolge der Selenatgaben hin.

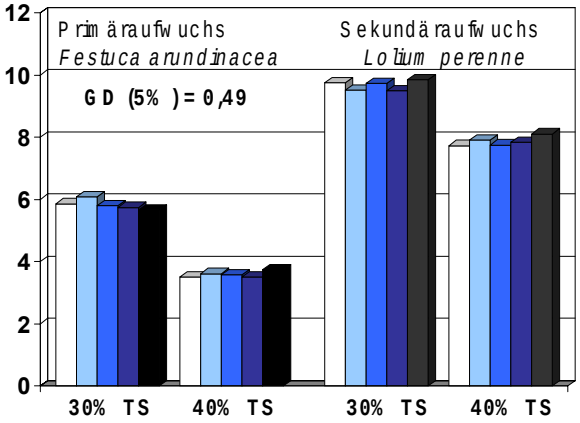


Abb. 1: Milchsäure-Konzentrationen in % der TS in Abhängigkeit von Selenatzusatz, Vorwelkegrad und Aufwuchs

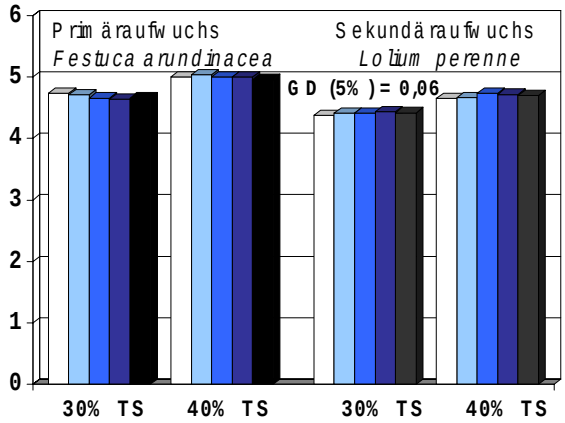


Abb. 2: pH-Wert in Abhängigkeit von Selenatzusatz, Vorwelkegrad und Aufwuchs

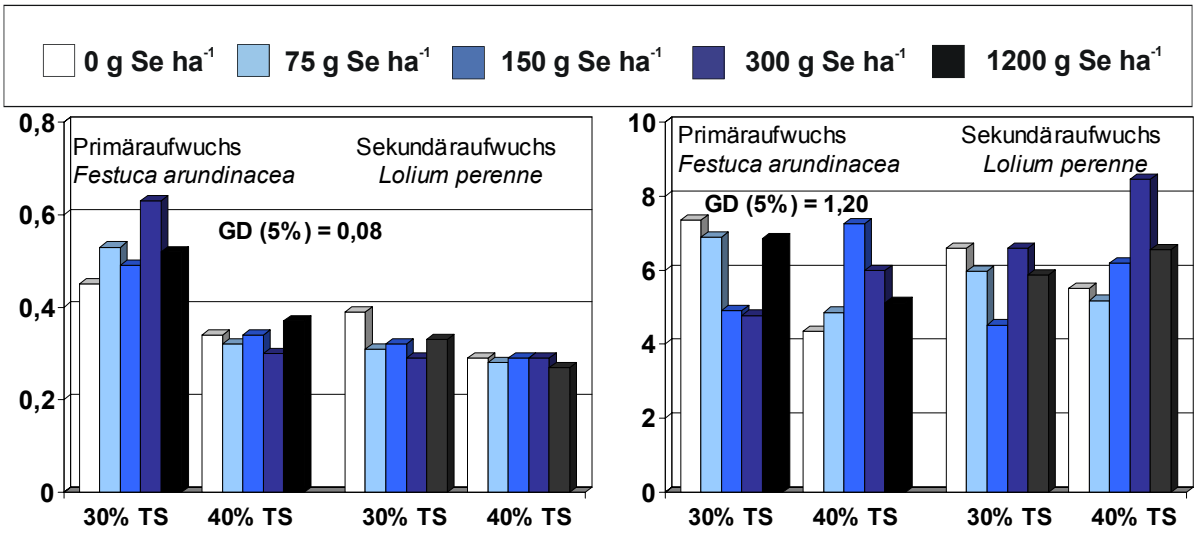


Abb. 3: Ethanol-Konzentrationen in % der TS in Abhängigkeit von Selenatzusatz, Vorwelkegrad und Aufwuchs

Abb. 4: NH3-N in % vom Gesamt-N in Abhängigkeit von Selenatzusatz, Vorwelkegrad und Aufwuchs

Die Wechselwirkungen Selenat-Menge x Vorwelkegrad sowie Selenat-Menge x Aufwuchs sind signifikant, jedoch liegen die Werte stets bei 8 % und darunter, so dass bei keiner der Varianten von Anzeichen von einsetzendem Verderb festzustellen sind (Wieringa 1961). Die Zielkonzentration von 100 µg Se kg^{-1} TS, die nötig ist, um Se-Mangelerscheinungen bei Tieren in extensiven Weidesystemen ausschießen zu können, wird unter Berücksichtigung vorhandener Se-Konzentrationen zwischen 20 und 50 µg Se kg^{-1} TS im Aufwuchs, in der Regel schon mit der ersten Se-Stufe mit 75 µg Se kg^{-1} TS erreicht. 1g Natrium Selenat (1 g Se = 2,3923 g Na_2SeO_4) würden somit rechnerisch für etwa 14 t Silage mit 40 % TS ausreichen. Übermäßige Fehldosierungen ließen sich dabei nahezu ausschließen, wenn Selenat einem kommerziellen Silierhilfsmittel zugeführt würde. Silageadditive können gerade unter Low-Input-Bedingungen für die Gärfutterqualität entscheidend sein, insbesondere vor dem Hintergrund häufig unzureichender Nitratkonzentrationen (Opitz v. Boberfeld & Sterzenbach 2001).

Für Betriebe, die regelmäßig eine Nachssaat als Pflegemaßnahme durchführen, kann auch das Saatgut als Transportmedium für Se in das System dienen, ohne dass Kosten infolge eines zusätzlichen Arbeitsganges entstehen. Offensichtlich hat

die Anreicherung von Saatgut keinen Einfluss auf die Keimfähigkeit. Nahezu alle Samen keimen unter verschiedenen Umweltbedingungen unabhängig von der zugeführten Selenatmenge zu 90-100% (Abb. 5). Ausgehend von einer Se-Gabe von 4 g Se ha^{-1}, die offenbar ausreicht, um die angestrebten Konzentrationen im Aufwuchs von >100 µg Se ha^{-1} zu erreichen (Opitz v. Boberfeld 2002), werden auch keine negativen Einflüsse auf das Wachstum und die Entwicklung des Keimlings sichtbar und selbst die bewusst neunfach zu hoch angesetzte Se-Stufe von 36 g Se ha^{-1} hat keine Auswirkungen auf den TS-Ertrag (vgl. Abb. 6). Die Selenatbehandlung von Saatgut könnte ein weiterer Weg sein, die notwendige Erhöhung der Se-Konzentrationen im Grundfutter zu realisieren. Wenn Saatgutanbieter entsprechend vorbehandeltes Saatgut auf den Markt bringen würden, wäre das Risiko von Se-Fehldosierungen seitens der Anwender begrenzt.

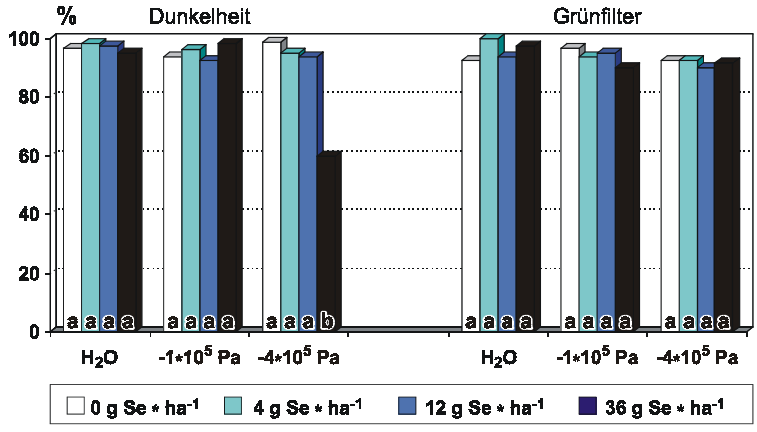


Abb. 5: Keimung von selenatbehandeltem *Lolium perenne*-Saatgut nach 20 Tagen

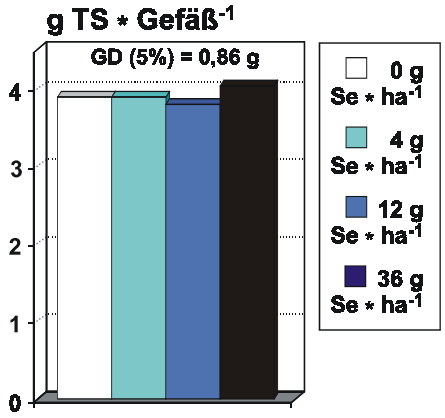


Abb. 6: TS-Erträge – 12 Wochen nach einer Saatgutbehandlung

Literatur

Anonymus 1997: Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 4. Ergänzungslieferung, VDLUFA-Verlag Darmstadt.

Anonymus 2000: Nutrient requirements for beef cattle. 7th ed. – Publ. National Res. Council, National Academy Press, Washington D.C.

Haaker, K., H.-J. Block & F. Weissbach 1983: Zur kolorimetrischen Milchsäurebestimmung in Silagen mit p-Hydroxydiphenyl. Arch. Tierern. 33, 505-512.

Honold, F. & B. Honold 1991: Ionensensitive Elektroden, Grundlage und Anwendung in Biologie und Medizin. Verl. Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin.

Michel, B. E. & M. R. Kaufmann 1973: The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. Plant Physiol. 51, 914-916.

Opitz von Boberfeld, W. 2002: Selenathaltige Mehrnährstoff-Düngergaben und ihr Effekt auf die Selen- und Schwefel-Konzentration in Abhängigkeit von Hauptbestandsbildner, Aufwuchs und Aufwand. German J. Agron. 6, 84-92.

Opitz v. Boberfeld, W. & M. Sterzenbach 2001: Specific problems of silage making in low-input conditions. Grassl. Sci. Europe 6, 129-132.

Theune, H.H. 1979: Gaschromatographische Bestimmung der kurzkettigen Fettsäuren einschließlich Äthanol und Milchsäure aus Gärfutter. Ein Methodenvergleich. Kongreßband, 1978, Landw. Forsch. 26, 540-547.

Wieringa, G.W. 1961: Über den Einfluss des Grünfutters auf die Gärung. Futterkonservierung 1, 27-35.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 202–204 (2003)

Energieeffizienz im Futterbau – Ergebnisse aus dem N-Projekt Karkendamm

Michael Kelm, Michael Wachendorf, Hagen Trott, Karen Volkers und Friedhelm Taube*

Einleitung

In der Umweltbewertung landwirtschaftlicher Produktionssysteme stellen Energiebilanzen zentrale Indikatoren dar. Die Endlichkeit fossiler Energieträger und die mit deren Nutzung verbundenen Emissionen klimarelevanter Treibhausgase verlangen auch von der Landwirtschaft einen Beitrag zur Senkung des fossilen Energieverbrauchs bzw. zur Steigerung der Energieeffizienz. Des weiteren stellen Energiebilanzen globalere Indikatoren für Umweltbelastungspotenziale dar als beispielsweise Nährstoffbilanzen, da auch die Vorkette in den gesetzten Systemgrenzen berücksichtigt wird. Da die Herstellung von mineralischem N-Dünger sehr energieintensiv ist, sollte eine Reduzierung der praxisüblich hohen N-Intensitäten im Futterbau nicht nur aus der Sicht der N-Bilanzüberschüsse, sondern auch aus Sicht des Klimaschutzes erwogen werden. In konventionellen Milchvieh-Futterbaubetrieben ist die Futterbereitstellung (selbsterzeugtes Grundfutter sowie zugekauftes Kraftfutter) für etwa 75% des Energieinputs auf Betriebsebene verantwortlich (DALGAARD *et al*., 2002). In Anbetracht der häufig geringen Stickstoffeffizienz im Milchvieh-Futterbau birgt dieser Bereich daher ein erhebliches Potenzial zur Reduktion von Energie- und gleichzeitig N-Inputs in den Betrieb.

Material und Methoden

Basierend auf multifaktoriellen Feldversuchen im Rahmen des N-Projektes Karkendamm (BÜCHTER, 2003; TROTT, 2003) wurden Energiebilanzen auf Schlagebene für unterschiedliche Nutzungssysteme auf dem Dauergrünland sowie für den Silomaisanbau erstellt. Die Bilanzierung des Energieinputs umfasste alle direkt (Treibstoff) und indirekt (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Saatgut, Maschinen) mit der Grundfutterproduktion zusammenhängenden Maßnahmen. Die mit der Grundfuttererzeugung verbundenen CO_2-Emissionen wurden anhand von Emissionsfaktoren für die zugrunde liegenden Inputs an fossilen Primär-energieträgern berechnet.

Auf der Output-Ebene wurden die Netto-Energieerträge [GJ NEL ha^{-1}] der Versuchsvarianten herangezogen (Grünlandversuch: Mittel der Jahre 1997-2001, Maisversuch: Mittel der Jahre 1998-2001). Versuchsfaktoren auf dem Dauergrünland (Weißkleegrasbestände) waren (i) Nutzungsregime (Umtriebsweide; Mähweide I/II (1 bzw. 2 Siloschnitte, Abweide); reine Schnittnutzung mit 4 Siloschnitten), (ii) mineralische N-Düngung (0, 100, 200 und 300 kg N ha^{-1}), und (iii) Gülledüngung (0 und 20 m³ Rindergülle je ha). Im Silomaisversuch wurden (i) Anbauverfahren (mit/ohne Untersaat), (ii) mineralische N-Düngung (0, 50, 100 und 150 kg N ha^{-1}), und (iii) Gülledüngung (0, 20 und 40 m³ Rindergülle je ha) variiert.

Bezüglich der Netto-Energieerträge zeigte sich auf dem Grünland ein linearer Ertragsanstieg mit steigendem N-Input, was durch die hohen N_2-Fixierungsleistungen des Weißklees bei niedriger N-Intensität erklärt werden kann. Die Erträge der unterschiedlichen Nutzungsregime unterschieden sich nicht signifikant voneinander

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

(TROTT, 2003). Der Silomaisanbau war durch einen geringen Ertragseffekt der mineralischen N-Düngung gekennzeichnet. Lediglich in der Variante ohne Gülleapplikation wurden bei niedriger N-Intensität signifikant niedrigere Netto-Energieerträge erzielt. In der Variante mit Untersaat wurde ein höherer N-Input benötigt, um das selbe Ertragsniveau zu erzielen wie in der Variante ohne Untersaat (BÜCHTER, 2003).

Ergebnisse und Diskussion

In allen untersuchten Systemen stieg der Energieinput linear mit zunehmender mineralischer N-Düngung an. Auf dem Grünland war jeder zusätzliche Siloschnitt mit einem erhöhten Energieinput verbunden, wofür wesentlich der hohe Maschinen- und Treibstoffaufwand für die Siloernte verantwortlich war. Des weiteren wurden in den schnittgenutzten Varianten aufgrund der geringeren Rückführung über Exkremente höhere Mengen K-Dünger ausgebracht. Da sich die Netto-Energieerträge der unterschiedlichen Grünland-Nutzungssysteme nicht signifikant voneinander unterschieden, stellte sich die reine Weidenutzung als das energie-effizienteste System dar, während die ausschließlich schnittgenutzte Variante die niedrigste Energieeffizienz [GJ NEL GJ^{-1}] aufwies. In allen Systemen führte eine Steigerung der mineralischen N-Düngung zu abnehmender Energieeffizienz, wobei eine hoch signifikante Interaktion zwischen Nutzungssystem und N-Düngung gegeben war (Abb. 1). Je höher die Anzahl der Siloschnitte, desto geringer war der Effekt der mineralischen N-Düngung auf die Energieeffizienz, was durch den erhöhten Beitrag des direkten Energieinputs zurückzuführen war. In der reinen Schnittnutzungsvariante stellte sich die Energieeffizienz als nahezu unabhängig von der N-Düngung dar. Der Silomaisanbau wies bei einer mineralischen N-Düngungsintensität von über 80 kg N ha^{-1} eine höhere Energieeffizienz auf als alle untersuchten Grünland-Nutzungssysteme. Lediglich bei niedrigerer N-Intensität war die reine Weidenutzung das energie-effizienteste System. Bei gegebener Energieeffizienz konnten im Silomaisanbau jedoch weitaus höhere Energieerträge als auf dem Grünland erzielt werden. Bei der Erzeugung von Maissilage konnten bei gegebenem Energieinput 36-46 GJ NEL je Hektar mehr geerntet werden als bei der Erzeugung von Grassilage im reinen Schnittnutzungssystem.

Die mit der Grundfuttererzeugung verbundenen CO_2-Emissionen zeigten vergleichbare Trends, da die CO_2-Emissionsfaktoren für Diesel und mineralischen N-Dünger – die wesentlichen Energieinput-Größen – nahezu identisch sind.

Folgende Punkte lassen sich im Hinblick auf eine Erhöhung der Energieeffizienz und eine Reduzierung der N-Verluste festhalten:

(i) Silomais stellt sich aufgrund es hohen Ertragspotenzials und der hohen N-Effizienz als effiziente und ressourcenschonende Futterpflanze dar. BÜCHTER (2003) konnte im Silomaisanbau auf sandigen Böden Norddeutschlands über einen weiten N-Intensitätsgradienten keine über dem EU-Grenzwert liegenden Nitratkonzentrationen im Sickerwasser feststellen. Ertragsniveau und Energieeffizienz sind höher als auf dem Grünland.

(ii) Die Nutzung von Kleegrasbeständen anstelle von hoch gedüngten Grasbeständen auf dem Grünland führt zu einer Erhöhung der Energieeffizienz und zu einer Senkung der CO_2-Emissionen je produzierter Einheit Futterenergie. Insbesondere auf beweidetem Grünland können die N-Auswaschungsverluste mit reduzierter N-Düngungsintensität deutlich verringert werden (BÜCHTER, 2003).

(iii) Bezüglich der Nutzung des Dauergrünlandes stellte sich die Weidenutzung als das energie-effizienteste System dar. Allerdings traten unter den gegebenen Standortbedingungen Nitratverluste unter beweidetem Grünland auf, die das EU-Limit für

Nitrat im Grundwasser selbst ohne zusätzliche N-Düngung bei weitem überschritten (BÜCHTER, 2003). In der Praxis ist die Flexibilität, Weide- und Schnittnutzung zu variieren, jedoch begrenzt.

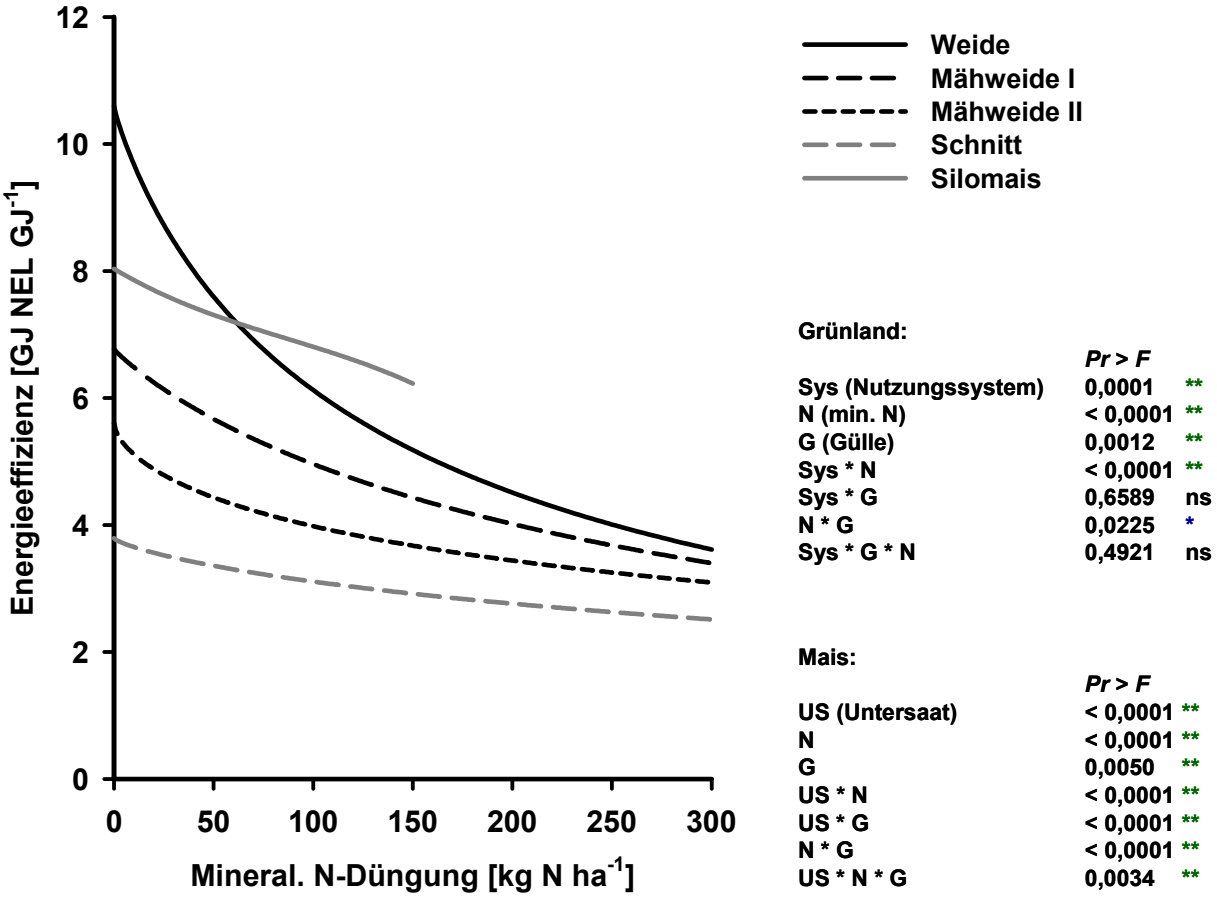


Abb. 1: Energieeffizienz [GJ NEL GJ^{-1}] in unterschiedlich genutztem Dauergrünland und im Silomaisanbau. Darstellung für die Varianten mit 20 m³ Gülle je ha; Silomais: Variante ohne Untersaat.

Literatur

Büchter M. (2003) Nitratauswaschungen unter Dauergrünland und Silomais in Monokultur auf sandigen Böden Norddeutschlands. Dissertation, Universität Kiel

Dalgaard T., Dalgaard R. & Højlund Nielsen A. (2002) *Energiforbrug på økologiske og konventionelle landbrug.* Grøn Viden Markbrug, Nr. 260. Danmarks Jordbrugs Forskning, Tjele (DK)

Trott H. (2003) Mittelfristige Auswirkungen einer variierten Bewirtschaftungsform und N-Intensität auf Leistungsparameter und die Stickstoffbilanz von Dauergrünland. Dissertation, Universität Kiel

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 205–208 (2003)

Produktivität und Struktur der Grasnarbe auf extensiver Standweide

J. Isselstein, O. Correll, J. Strodthoff, G. Zhao, M. Hofmann*

Einleitung

In Europa wird ein wachsender Anteil des Dauergrünlands durch Fleischrinder- und Schafhaltung genutzt und der Anteil des über die Milchviehhaltung verwerteten Grünlands ist rückläufig. Die Fleischerzeugung auf Grünland verlangt aus Gründen der Rentabilität, dass die Produktionskosten so weit wie möglich reduziert werden; die wenig Arbeit erfordernde und geringe Kosten verursachende extensive Standweide gewinnt daher an Attraktivität. Die extensive Standweide ist dadurch gekennzeichnet, dass Futterangebot und Futterbedarf der Weidetiere kaum durch das Weidemanagement ausbalanziert werden. Ein zeitweiliges Futterüberangebot begünstigt selektives Weideverhalten. Als Folge davon entwickelt sich mit der Zeit eine heterogene Grasnarbe mit Bereichen, die infolge wiederholten Verbisses kurzrasig sind oder die vom Weidetier gemieden werden und eine hochwüchsige Grasnarbe tragen. Will man die Ertragsfähigkeit der Grasnarbe und die Ernährung der Weidetiere unter solchen Bedingungen verstehen, dann müssen Messmethoden herangezogen werden, die in besonderer Weise die räumliche und zeitliche Variabilität der Grasnarbenstruktur berücksichtigen ('t Mannetje & Jones 2000). Unter Narbenstruktur wird die Verteilung und strukturelle Anordnung der oberirdischen Biomasse im Raum verstanden; die Aufwuchsmasse und die botanische Zusammensetzung sind darin eingeschlossen (Laca & Lemaire 2000). Untersuchungen zur extensiven Weidewirtschaft wurden an mehreren Standorten durchgeführt (Correll et al. 2001, Zhao et al. 2002, Strodthoff 2003), mit den folgenden Zielen: (I) Erfassung der räumlichen und zeitlichen Variabilität von Menge und Qualität des angebotenen Futters, (II) Identifizierung von Bereichen verschiedener Narbenstruktur, Ermittlung der Stabilität verschiedener Narbenbereiche, (III) Erfassung der Bedeutung der verschiedenen Narbenbereiche für die Ernährung der Weidetiere und die Weideleistung.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf Standweiden mit Fleischrindern und –schafen durchgeführt. Es handelte sich jeweils um langjähriges Dauergrünland, das nicht gedüngt wurde. Die Besatzstärke war vergleichsweise gering; das Futterangebot überstieg den Futterbedarf. Die Tiere weideten von Mai bis Oktober durchgehend auf den Flächen. Grundsätzlich wurden die folgenden Zielgrößen erhoben, wobei nicht alle Erhebungen auf allen Standorten durchgeführt wurden.

Grasnarbenstruktur

- Entlang von Dauertransekten wurden im einwöchigen bis monatlichen Abstand in der Weidesaison Narbenhöhendichten ('compressed sward heights', CSH, mit dem 'rising-plate meter' nach Castle 1976) an festen Transektenpunkten (mindestens 200 je ha) gemessen. Ein Messpunkt umfasst die Fläche der Kreisscheibe des 'rising-plate meter' (0,07m²). Neben der Narbenhöhe wurde bei jedem Messdurchgang an jedem Punkt der Ertragsanteil (EA) und das Entwicklungsstadium der dort dominierenden Pflanzenarten (EA > 15%) geschätzt. Ergänzend zu den Transek-

* Universität Göttingen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Von-Siebold-Str. 8, 37077 Göttingen

tenmessungen wurden an jedem Termin zufällig gewählte Punkte in der gleichen Weise aufgenommen und anschließend wurde über einen Ertragsschnitt die oberirdische Biomasse an den Punkten gemessen. Mit Hilfe linearer Korrelationen konnte der Zusammenhang zwischen CSH und Biomasse quantifiziert werden. Durch Anwendung der Korrelationen konnte die Futtermenge entlang der Transekte geschätzt werden. Die Schnittgutproben wurden darüber hinaus dazu verwendet, die Futterqualität (Rohprotein, metabolisierbare Energie) der Aufwüchse zu bestimmen.
- Die Ertragsleistung der Grasnarbe (Brutto-Weideleistung) wurde mit Hilfe von Weidekörben, die nach Weidebereichen differenziert aufgestellt wurden, ermittelt; die Position der Körbe wurde spätestens nach vier Wochen verändert. Der Zuwachs wurde über CSH-Messung und Korrelation mit der Biomasse geschätzt.

Weidetier
- Die Netto-Weideleistung wurde über die regelmäßige Verwiegung (automatisch arbeitendes elektronisches Wiegesystem an den Tränken) der Weidetiere und den sich aus der Lebendmasse bzw. deren Veränderung ergebenden Energiebedarf für Erhaltung und Leistung geschätzt. Zur Schätzung der Qualität des aufgenommenen Futters wurde die Kot-Stickstoff-Methode herangezogen (Schmidt et al. 1999). Über die Netto-Weideleistung und die Qualität des aufgenommenen Futters konnte die Futteraufnahmemenge errechnet werden. Mit Hilfe des über die Weidekorbtechnik ermittelten Zuwachses in den verschiedenen Weidebereichen konnte abgeschätzt werden, welche Bedeutung die Weidebereiche für die Futteraufnahme der Tiere hatten.

Ergebnisse und Diskussion

Auf extensiver Standweide wurde eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität der Narbenhöhendichte (CSH) festgestellt; die Variabilität und die Schiefe der Verteilung nahm vom Frühjahr bis zum Sommer zu. Auf intensiver beweideten Vergleichsvarianten wurden zwar ähnlich hohe Variationskoeffizienten der Narbenhöhe ermittelt, die mittleren Narbenhöhen und die absolute Streuung waren aber erheblich niedriger. Mit Hilfe der CSH-Messungen ließen sich in allen Fällen, das heißt auch bei extensiver Beweidung, die Biomassen hinreichend genau schätzen; der Standardschätzfehler lag in der Regel unter 20% der jeweiligen Mittelwerte. Hierzu bedurfte es jedoch in Bezug auf die Zeit und die Weidevarianten getrennt ermittelter Korrelationen. Entsprechend der Variabilität der Narbenhöhendichte variierte auch das Futterangebot. Abbildung 1 gibt ein Beispiel für das Futterangebot einer mit wachsenden Färsen beweideten *Agrostis capillaris/Festuca rubra* -Grasnarbe. Bei niedrigem Tierbesatz stand der ganz überwiegende Teil des angebotenen Futters in Bereichen mit hoher Narbenhöhe, wohingegen bei hohem Tierbesatz 50 – 90 % des Futters in kurzrasigen Bereichen angeboten wurde. Die mit Hilfe der Kot-N-Methode ermittelte Qualität des von den Weidetieren aufgenommenen Futters war durchweg höher als die des angebotenen Futters; das Ausmaß selektiven Fressverhaltens war vor allem in den Sommermonaten hoch (Strodthoff 2003).

Die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe wies innerhalb einer Standweide deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Narbenhöhenklassen auf. Kurzrasige Bereiche wurden sowohl auf Standweiden mit hoher als auch mit niedriger Besatzstärke von weidefesten Pflanzenarten dominiert, die sich durch ein starkes klonales Wachstum auszeichnen, und die eine hohe Entblätterungshäufigkeit tolerieren. In Bereichen mit großer Narbenhöhe fanden sich vor allem bei niedriger Besatzstärke Pflanzenarten, die nicht weidefest sind und die typischerweise den Wiesen zuge-

ordnet werden. Tabelle 1 zeigt das Ergebnis einer Untersuchung auf einer Standweide mit Schafen. *Lolium perenne* war in den kurzrasigen Bereichen unabhängig von der Besatzstärke die dominierende Art. Bei niedriger Besatzstärke wurde in den hochrasigen Bereichen die nutzungsempfindliche Art *Arrhenatherum elatius* mit Anteilen über 20 % gefunden wohingegen bei hoher Besatzstärke auch hier *L. perenne* die wichtigste Art war. Dieser Befund ist insbesondere im Hinblick auf die landschaftspflegende Wirkung extensiver Weidewirtschaft interessant, insofern als unter einer solchen Weidewirtschaft typische Wiesenarten offensichtlich im Bestand erhalten werden können.

Die sich vor allem bei niedrigem Tierbesatz im Verlauf der Weidesaison entwikkelnden Narbenhöhenbereiche hatten eine relative räumliche Stabilität. Waren durch intensivere Entblätterung kurzrasige Bereiche im Frühjahr entstanden, so suchten die Weidetiere auch im weiteren Verlauf der Saison diese Bereiche bevorzugt für die Futteraufnahme auf. Erst bei nachlassendem Wiederaufwuchs und damit geringerem Futterangebot in den kurzrasigen Bereichen nahmen die Tiere einer größeren Anteil des Futters aus Bereichen mit mittlerer Narbenhöhe auf (Strodthoff 2003). Die Weideleistung der Standweiden mit geringem Tierbesatz erreichte etwa 50 bis 70% des Wertes bei hohem Tierbesatz (Hofmann et al. 2001, Pavlu et al. 2001); die individuellen Tierleistungen unterschieden sich in Abhängigkeit vom Tierbesatz aber kaum.

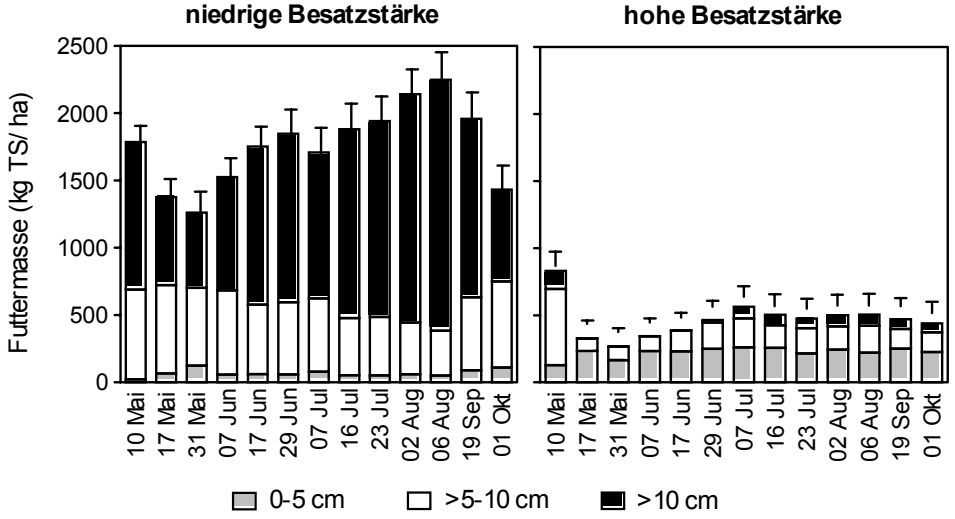


Abb. 1: Futterangebot im Verlauf der Weidesaison in Abhängigkeit von der Narbenhöhenklasse (0-6, >6-12, >12cm) einer Standweide mit wachsenden Färsen bei niedrigem und hohem Tierbesatz (nach Correll et al. 2001)

Tab. 1: Ertragsanteile von *Lolium perenne* und *Arrhenatherum elatius* auf einer Standweide mit Schafen bei niedrigem und hohem Tierbesatz in den Narbenhöhenklassen <6cm und >12cm; Mittel einer Weidesaison (nach (Zhao et al. 2002)

Narbenhöhenklasse	niedrige Besatzstärke		hohe Besatzstärke	
Art	*L. perenne*	*A. elatius*	*L. perenne*	*A. elatius*
	Ertragsanteil (%)			
< 6cm	56	3	56	<1
> 12cm	13	18	61	<1

Schlussfolgerungen

Die Beschreibung und Analyse der Produktivität und Struktur der Grasnarbe und der Wechselwirkungen zwischen Weidetier und Pflanzenbestand in extensiven Weidesystemen macht es erforderlich, die räumliche und zeitliche Variabilität der Grasnarbeneigenschaften in den Vordergrund zu rücken, da Mittelwerte nur einen geringen Erklärungswert haben. Mit Hilfe der hier vorgestellten Methodik, das heißt wiederholtes Nicht-destruktives Beproben entlang fester Transektenpunkte, konnte die Variabilität mit hoher Auflösung nachgezeichnet werden. Die parallele Erfassung der tierbezogenen Kriterien wie der Futteraufnahme und der Futterqualität ermöglichte es, die Variabilität der Grasnarbeneigenschaften in Zusammenhang mit der flächenhaft ermittelten Netto-Weideleistung zu setzen.

Literatur

't Mannetje, L., Jones, R.M., 2000: Grassland vegetation and its measurement. In: 't Mannetje, L., Jones, R.M., Field and laboratory methods for grassland and animal production research. CABI-Publishing, Wallingford, New York, 1-8.

Castle, M.E. (1976) A simple disc instrument for estimating herbage yield. Journal of the British Society 31, 37-40.

Correll, O., Pavlu, V. and Isselstein, J. (2001) Raum-Zeit-Dynamik der Narbenstruktur einer Standweide im Isergebirge bei variierter Besatzstärke. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau 3, 159-161.

Hofmann, M., Kowarsch, N., Bonn, S., Isselstein, J., 2001: Management for biodiversity and consequences for grassland productivity. Grassland Science in Europe 5, 113-116.

Laca, E.A., Lemaire, G., 2000: Measuring sward structure. In: 't Mannetje, L., Jones, R.M., Field and laboratory methods for grassland and animal production research. CABI-Publishing, Wallingford, New York, 103-121.

Pavlu, V., Gaisler, J., Auf, D., 2001: Intensive and extensive grazing of heifers in the upland of the Jizerske hory mountains. Grassland Science in Europe 5, 179-182.

Strodthoff, J., 2003: Heterogenität der Grasnarbe bei selektiver Beweidung von extensiviertem Niedermoorgrünland. Diss. Univ. Göttingen.

Schmidt, L., Weißbach, F., Hoppe, T., Kuhla, S., 1999: Untersuchungen zur Verwendung der Kotstickstoff-Methode für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weidegras und zum Nachweis der selektiven Futteraufnahme auf der Weide. Landbauforschung Völkenrode 3, 123-135.

Zhao, G., Hofmann, M. and Isselstein, J. (2002) Zeitliche und räumliche Aspekte der Narbenstruktur und des Futterangebotes eines extensivierten Grünlandes bei Beweidung mit Schafen. Pflanzenbauwissenschaften 6, 17-24.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 209–210 (2003)

Veränderung der Futterqualität in Primäraufwüchsen von artenreichen Berg-Glatthaferwiesen (Arrhenatheretum montanum)

M. Anger und A. Malcharek *

Einleitung

Berg-Glatthaferwiesen – ehemals weit verbreitet in den Mittelgebirgsregionen – sind, da vergleichsweise einfach in produktivere Mähweiden zu überführen, heutzutage selten geworden. Im Rahmen von Grünlandschutzprogrammen unterliegen geförderte Berg-Glatthaferwiesen Bewirtschaftungsauflagen, unter denen sich der vorgeschriebene späte Schnitttermin des Primäraufwuchses (häufig 1. Juli) besonders markant auf die Futterqualität auswirkt (Anger et al. 2002). Die Futterqualität bei vorzeitiger bzw. verspäteter Mahd und damit die Nutzungselastizität einiger artenreichen Berg-Glatthaferwiesen wird nachfolgend vorgestellt.

Material und Methoden

In der Eifel wurden in 380 bis 600 m ü. NN dreijährig sechs unterschiedliche, langfristig ungedüngte und unter den Auflagen des Mittelgebirgsprogramms-NRW bewirtschaftete Berg-Glatthaferwiesen untersucht. Auf jeder Wiese wurde 1995-97 der Primäraufwuchs zwischen Anfang Juni bis Anfang August mit drei bis fünf zeitlich gestaffelten Probeschnitten auf Teilflächen von je 1 m^2 geschnitten (n = 4). Die ermittelten Zielgrößen waren der T-Ertrag, die Energiedichte (MJ NEL; nach Hohenheimer Futterwerttest, Formel 13e), der Rohprotein- (XP) und Rohfasergehalt (XF) sowie zusätzlich die Ertragsanteile nach Klapp / Stählin (EA), die jährlich Anfang Juli sowie im dritten Jahr zusätzlich Anfang Juni und Anfang August geschätzt wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Angesichts der hohen Varianz der floristischen Zusammensetzung bestätigt sich, dass verallgemeinernde Aussagen über Pflanzengesellschaften nicht zulässig sind. Zudem ergeben sich Unterschiede im T-Ertrag und in der Futterqualität offenbar vorrangig vor dem Hintergrund der Standortfaktoren (Wasserversorgung, Höhenlage, Bodennährstoffe). Die mit zunehmender Seneszenz der Pflanzenbestände einhergehende Verschlechterung der Futterqualität auf den Glatthaferwiesen zeigt je nach Bestand und Jahr Unterschiede im Verlauf (vgl. auch Opitz 1996). Exemplarisch dargestellt für das Jahr 1997, ergeben sich terminabhängig Unterschiede in Höhe und Veränderung der T-Erträge und Energiedichten der sechs Glatthaferwiesen (Tab. 1). Im gleichen Zeitraum fallen die XP-Gehalte im Mittel von 13,1 auf 9,9 %, die XF-Gehalte steigen von 23,8 auf 30,6 %. Eine geringfügige Zunahme der Futterqualität Anfang August ist vermutlich auf den Durchwuchs von Gräsern zurückzuführen.

Kommt aus naturschutzfachlicher Sicht ein vom 1. Juli abweichender Nutzungstermin in Frage (z.B. durch Staffelmahd), dann wären einfache, möglichst vom Pflanzenbestand ableitbare Hinweise zur Einschätzung der Nutzungselastizität wertvoll. Von den jeweiligen Ertragsanteilen der Artengruppen kann die Höhe oder die Veränderung der Energiedichte nicht ohne weiteres abgeleitet werden (vgl. Tab. 1 bzw. Abb. 1; mit $r^2 < 0{,}20$ für alle Untersuchungsflächen und Beprobungstermine). Die Nutzungselastizität, maßgeblich bestimmt vom jeweiligen Blatt-/ Stängelverhältnis im Pflanzenbestand bzw. vom physiologischen Alter der Hauptbestandsbilder (u.a. Küh-

* Institut für Pflanzenbau, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn, m.anger@uni-bonn.de

bauch & Voigtländer 1979), wird offenbar zusätzlich von artabhängigen Unterschieden innerhalb der Artengruppen beeinflusst. Weitere Informationen gibt erst eine detailliertere Analyse von Pflanzenbestand und terminabhängiger Veränderung der Futterqualität.

Tab. 1: Veränderung von T-Ertrag (in dt ha^{-1}) und Energiedichte (in MJ NEL kg^{-1} T) im Grünfutter von sechs Berg-Glatthaferwiesen (Ghw. 1-6) im dritten Jahr

Beprobungstermine	Ghw. 1 dt T / MJ NEL	Ghw. 2 dt T / MJ NEL	Ghw. 3 dt T / MJ NEL	Ghw. 4 dt T / MJ NEL	Ghw. 5 dt T / MJ NEL	Ghw. 6 dt T / MJ NEL
2./3. Juni	37,5 / 5,4	25,3 / 6,0	22,8 / 5,9	21,3 / 6,0	12,6 / 5,9	17,7 / 5,3
17. Juni	46,3 / 5,2	35,5 / 5,2	25,7 / 5,6	28,8 / 5,5	19,6 / 5,4	20,0 / 5,1
4. Juli	47,9 / 4,8	43,1 / 5,1	30,8 / 5,2	32,9 / 5,5	25,5 / 5,2	27,0 / 5,0
21. Juli	nicht beprobt	46,8 / 5,0	33,6 / 4,8	36,8 / 5,0	30,0 / 5,2	30,3 / 4,6
4. August	nicht beprobt	54,8 / 4,9	44,5 / 5,1	41,6 / 5,3	35,9 / 5,2	34,6 / 4,8

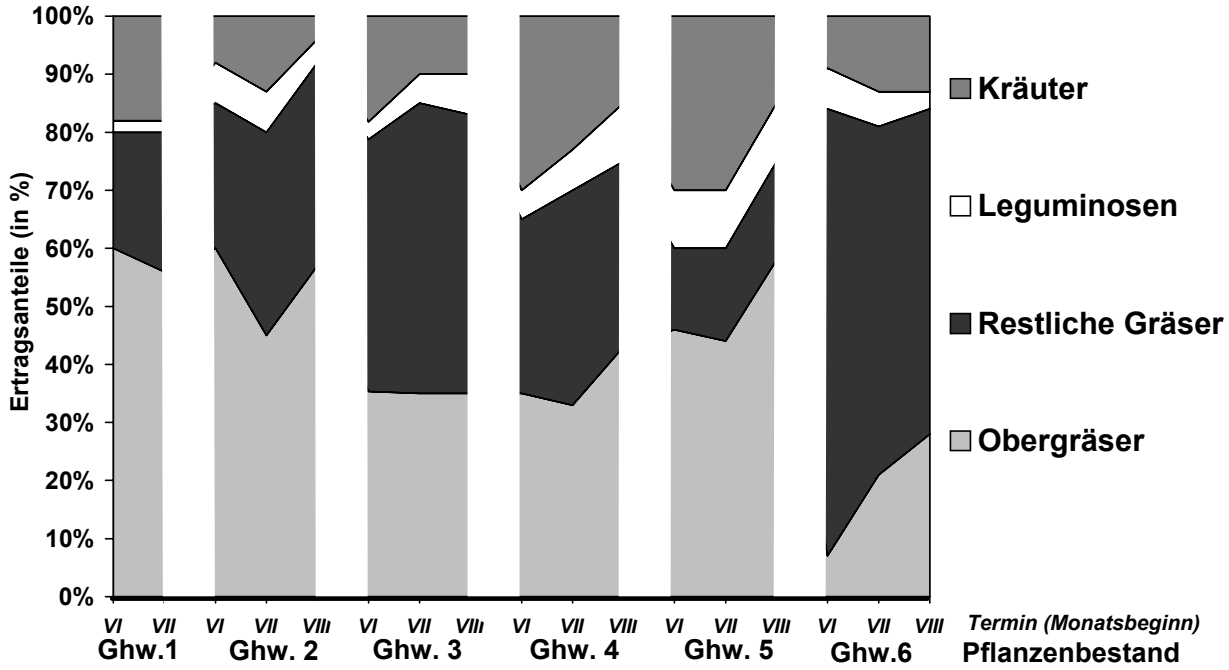


Abb. 1: Ertragsanteile der Artengruppen der sechs Berg-Glatthaferwiesen (GHW 1-6) im dritten Untersuchungsjahr, jeweils ermittelt zu Beginn der Monate Juni, Juli, August [*VI / VII / VIII*]

Literatur

Anger, M., A. Malcharek & W. Kühbauch, 2002: Futterbauliche Bewertung von Extensivgrünland im Mittelgebirgsraum Westdeutschlands. 2. Energiedichte, Rohprotein- und Rohfaserkonzentration sowie Zellwandbestandteile. J. of appl. Botany 76, 47-51.

Kühbauch, W. & G. Voigtländer, 1979: Veränderungen des Zellinhaltes, der Zellwandzusammensetzung und der Verdaulichkeit von Knaulgras (*Dactylis glomerata* L.) und Luzerne (*Medicago sativa x varia Martyn*) während des Wachstums. Z. Acker- und Pflanzenbau 148, 455-466.

Opitz von Boberfeld, W., 1996: Qualitätsveränderungen einschließlich Mykotoxinproblematik von Primäraufwüchsen einer Glatthaferwiese (Arrhenatherion elatioris). Agribiol. Res. 49, 52-62.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 211–214 (2003)

Einfluss von Bestandesdichte und Standraumverteilung der Pflanzen auf Ertrag und Qualität der Blattdrogen bei der Artischocke *(Cynara scolymus L.)*

Göttmann, S. & B. Honermeier*

Einleitung

Die Artischocke wird als Gemüse- und Arzneipflanze genutzt. Für die pharmazeutische Anwendung sind vor allem die Rosettenblätter von Bedeutung, deren Wirkstoffe (Caffeoylchinasäuren/CCS, Flavonoide und Sesquiterpenlactone) eine Linderung dyspeptischer Symptome sowie choleretische, cholesterinsenkende und antioxidative Effekte bewirken können. Für einen effizienten Anbau in Deutschland sind Kenntnisse zur Sorteneignung sowie zur Beeinflussung von Drogenertrag und -qualität durch pflanzenbauliche bzw. technologische Maßnahmen erforderlich. Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, den Einfluss differenzierter Bestandesdichten und Standraumzumessungen der Pflanzen auf die Drogenerträge und Wirkstoffgehalte der Artischocke bei einem Anbau unter heimischen Bedingungen zu klären.

Material und Methoden

Grundlage der Untersuchungen waren zwei 2-faktorielle Feldversuche (Blockanlage, 3 Wiederholungen), in denen die Faktoren Bestandesdichte (2, 4, und 8 Pflanzen/m²) und Reihenweite (50, 75 und 100 cm) an den Standorten Groß Gerau (S, AZ=23, langj. Mittel: 590 mm/Jahr, 9,4°C) und Gießen (uT, AZ=65, langj. Mittel: 650 mm/Jahr, 9,0°C) getestet wurden. Die Aussaat erfolgte in Groß Gerau am 30. April 2001 und in Gießen am 07.05.2001. Verwendet wurde die Sorte „Green Globe“, die auch als Gemüsesorte genutzt wird. Die N-Düngung betrug 40 kg N/ha zu jedem Aufwuchs. Die Unkrautbekämpfung erfolgte manuell. Als Erntezeitpunkt wurde das Ende der Blattneubildung (kurz vor Schoßbeginn) gewählt. Aus allen 3 Wiederholungen der 21 m² großen Parzellen wurden jeweils 4 repräsentative Einzelpflanzen entnommen, gewogen und in ihre Einzelfraktionen (grünes und gelbes Blatt, Blütenstand) unterteilt, bei max. 40° C getrocknet und gemahlen. Die Wirkstoffanalyse erfolgte mittels HPLC nach einer Methode von BRAND (1997) durch die Lichtwer Pharma AG. Analog zur Einzelpflanzenentnahme wurden auch alle anderen Pflanzen der Parzellen geerntet, in ihre Einzelfraktionen aufgeteilt, zerkleinert und eine TS-Bestimmung vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Auf Grund der günstigeren klimatischen Bedingungen (höhere Lufttemperatur) konnten am Standort Groß Gerau im Versuchsjahr 2001 insgesamt 3 Schnitte realisiert werden. In Gießen waren dagegen nur 2 Schnitte pro Versuchsjahr möglich. Daraus resultiert ein höheres Ertragsniveau pro Versuchsjahr, das am Standort Groß Gerau erreicht wurde. In der Tab. 1 sind die Blattdrogenerträge (dt/ha TM) als Summen der jeweiligen Teilernten für beide Standorte dargestellt. Die erzielten Erträge nahmen an beiden Standorten mit Vergrößerung der Pflanzenzahl/m^2 zu, wobei die Ertragsdifferenzen nur am Standort Groß-Gerau statistisch gesichert waren (p = 0,00). Neben

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen, Silke.Goettmann@agrar.uni-giessen.de

der Bestandesdichte hatte auch die Veränderung der Reihenweite einen Einfluss auf die Bildung der Blatterträge der Artischocke, der jedoch nur am Standort Gießen statistisch gesichert war (p = 0,00). Die Blattdrogenerträge nahmen in Gießen mit der Vergrößerung der Reihenweite von 27,78 dt/ha TM (50 cm) auf 55,59 dt/ha TM (75 cm) und 64,68 dt/ha TM (100 cm) auf mehr als das Zweifache zu (vgl. Tab. 1). Eine Wechselwirkung bestand zwischen den beiden Prüffaktoren Reihenweite und Bestandesdichte nicht.

Tab. 1: Blattdrogenerträge (dt/ha TM) der Artischocke in Abhängigkeit von Reihenweite und Bestandesdichte, Feldversuche Groß-Gerau und Gießen 2001

Prüffaktoren/-stufen		Groß Gerau	Gießen
RW	BD	Summe der Schnitte 1-3	Summe der Schnitte 1-2
50 cm	2 Pfl./m²	23,24	25,62
	4 Pfl./m²	42,76	29,33
	8 Pfl./m²	55,63	28,40
75 cm	2 Pfl./m²	44,56	52,16
	4 Pfl./m²	65,22	56,62
	8 Pfl./m²	74,36	59,07
100 cm	2 Pfl./m²	53,98	43,44
	4 Pfl./m²	66,53	66,66
	8 Pfl./m²	90,73	83,95
Hauptwirkungen:			
	2 Pfl./m²	40,59 = 100 %	40,41 = 100 %
	4 Pfl./m²	58,17 = 143 %	50,87 = 126 %
	8 Pfl./m²	73,57 = 181 %	57,14 = 141 %
50 cm		40,54 = 100 %	27,78 = 100 %
75 cm		61,38 = 151 %	55,59 = 200 %
100 cm		70,41 = 174 %	64,68 = 233 %
p-Wert	(BD)	0,00	0,09
p-Wert	(RW)	0,77	0,00
p-Wert	(RW x BD)	0,95	0,37
GD 5% (HW)		10,35	8,96

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die großblättrige Artischocke einen hohen Standraumbedarf je Einzelpflanze besitzt. Große Reihenweiten von 100 cm begünstigen offenbar die Ausbildung hoher Blatterträge bei dieser Arzneipflanze. Auch höhere Bestandesdichten von bis zu 8 Pfl./m^2 scheinen, trotz Zunahme der Konkurrenz in der Reihe, gegenüber geringeren Bestandesdichten für die Ertragsbildung von Vorteil zu sein. Aus erntetechnologischer Sicht sollte bei der Beurteilung der Reihenabstände und Bestandesdichten jedoch auch die Blatthaltung und Blattalterung (Anteil gelber Blätter) der Pflanzen sowie die Konkurrenzfähigkeit des Bestandes gegenüber Unkräutern berücksichtigt werden.

Die Wirkstoffgehalte in den Blattdrogen der Artischocke können je nach Sorte, Kultivierungs-, Ernte- und Aufbereitungsbedingungen erheblichen Schwankungen unterliegen. Nach WAGENBRETH et al. (1996) und BRAND (1997) können die Caffeoylchinasäuren (CCS) in den Blattdrogen von 1 – 6 % der TM und die Flavonoidgehalte von 0,2 bis 0,6 % d. TM variieren. Nach BAIER (2003) können in jungen Blättern Maximalwerte von bis zu 11,5 % CCS nachgewiesen werden. Innerhalb der CCS-Verbindungen können Mono-CCS (bes. Chlorogensäure) einen Anteil von 29-77%

und Di-CCS einen Anteil von 17-48% am Gesamt-CCS-Gehalt einnehmen (WAGENBRETH et. al. 1996).

Tab. 2: Gesamt-CCS-Gehalte (% TM) in den Blattdrogen der Artischocke, Feldversuche Groß-Gerau und Gießen 2001

Prüffaktoren/-stufen		Groß Gerau			Gießen	
RW	BD	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt
Hauptwirkungen						
	2 Pfl./m²	1,88	1,49	0,52	0,63	1,42
	4 Pfl./m²	1,73	1,50	0,36	0,68	1,12
	8 Pfl./m²	1,66	1,43	0,51	0,49	1,53
50 cm		1,82	1,58	0,38	0,85	1,24
75 cm		1,85	1,46	0,53	0,90	1,57
100 cm		1,62	1,38	0,49	-	1,27
Mittelwert		1,76	1,47	0,47	(0,60)	1,36
p-Wert	BD	0,59	0,83	0,08	0,98	0,23
p-Wert	RW	0,46	0,29	0,16	0,09	0,14

In den durchgeführten Versuchen lagen die Gesamt-CCS-Gehalte auf einem relativ niedrigen Niveau von etwa 0,5 bis 1,8 % d. TM. In Groß Gerau führten spätere Schnitte zu einer Abnahme der CCS-Gehalte in den Blättern. In Gießen bestand ein entgegengesetzter Trend (s. Tab. 2). Weiterhin zeigte sich, dass geringere Bestandesdichten (2 Pfl./m²) und geringere Reihenweiten von 50–75 cm in der Tendenz sich günstig auf den CCS-Gehalt auswirkten. Die Ursachen für diese Unterschiede können in morphologischen und entwicklungsphysiologischen Faktoren der Blatt- bzw. Pflanzenentwicklung sowie in der Beeinflussung der CCS-Synthese durch Umweltfaktoren gesehen werden. Nach bisherigen Erkenntnissen sind Blatterträge mit höherem Anteil jüngerer Blätter durch höhere CCS-Gehalte gekennzeichnet (BAIER 2003). Entwicklungsphysiologisch jüngere Pflanzen bzw. jüngere Blätter sind somit qualitativ positiver einzuschätzen. Daneben könnte der Faktor Standraumverteilung zu einer Beeinflussung der Blattstruktur (Verhältnis von Blattspreite zu Blattrippe) geführt haben. Da in der Blattspreite höhere CCS-Gehalte zu finden sind, dürften sich diese morphologischen Veränderungen auch auf die Wirkstoffgehalte der Droge auswirken. Weiterhin wird ein Einfluss der Lichtverhältnisse (Sonnenscheindauer) auf die CCS-Synthese vermutet, da die Polyphenolbildung mit der Photosynthese gekoppelt ist. Die Blattbildung unter ungünstigen Witterungsbedingungen (geringe Sonnenscheindauer) könnte somit ebenfalls zu niedrigeren CCS-Gehalten in den Blattdrogen einzelner Aufwüchse der Artischocke beigetragen haben.

Die Gesamt-Flavonoidgehalte der Artischockenblätter sind in der Tab. 3 dargestellt. Die Gehalte variieren in einer Spanne von etwa 0,1 bis 0,4 %. Vergleicht man die Flavonoidgehalte der beiden Versuche über alle Schnitte, dann fällt auf, dass die Veränderungen in gleicher Richtung ausgeprägt sind wie die Veränderungen der CCS-Gehalte. Am Standort Groß Gerau nehmen die Flavonoidgehalte vom 1. bis zum 3. Schnitt ab. Dagegen ist am Standort Gießen, ähnlich wie bei den CCS-Verbindungen, eine Zunahme der Flavonoidgehalte vom 1. bis zum 2. Schnitt zu beobachten. Es deutet sich somit eine positive Korrelation zwischen CCS-Verbindungen und Flavonoiden an.

Tab. 3: Gesamt-Flavonoid-Gehalte in den Blattdrogen der Artischocke, Feldversuche Groß Gerau und Gießen 2001

Prüffaktoren		Groß Gerau			Gießen	
RW	BD	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt
50 cm	2 Pfl./m²	0,32	0,17	0,11	0,11	0,40
	4 Pfl./m²	0,37	0,20	0,11	0,12	0,43
	8 Pfl./m²	0,37	0,25	0,13	0,17	0,23
75 cm	2 Pfl./m²	0,34	0,18	0,17	0,13	0,33
	4 Pfl./m²	0,35	0,18	0,09	0,12	0,28
	8 Pfl./m²	0,33	0,18	0,09	0,09	0,35
100 cm	2 Pfl./m²	0,31	0,18	0,15	0,02	0,33
	4 Pfl./m²	0,29	0,19	0,08	0,01	0,41
	8 Pfl./m²	0,40	0,18	0,08	0,01	0,30
Hauptwirkung:						
	2 Pfl./m²	0,32	0,18	0,14	0,09	0,35
	4 Pfl./m²	0,34	0,19	0,09	0,08	0,37
	8 Pfl./m²	0,37	0,20	0,10	0,09	0,29
50 cm		0,35	0,21	0,11	0,13	0,35
75 cm		0,34	0,18	0,12	0,11	0,32
100 cm		0,33	0,18	0,10	0,01	0,35
p-Wert	BD	0,39	0,25	0,004	0,26	0,78
p-Wert	RW	0,88	0,15	0,57	0,99	0,23
p-Wert	RWxBD	0,50	0,27	0,03	0,99	0,23
GD 5% (WW)		n.s.	n.s.	0,049	n.s.	n.s.
GD 5% (HW)		n.s.	n.s.	0,028	n.s.	n.s.

Die gewählten Prüffaktoren hatten mit Ausnahme des 3. Schnittes in Groß Gerau keinen gesicherten Einfluss auf die Flavonoidgehalte in den Blattdrogen der Artischocke. Die in Groß Gerau gefundene Wechselwirkung spricht für eine positive Wirkung geringer Bestandesdichten und großer Reihenweiten. Dieser Befund bedarf jedoch einer weiteren Überprüfung in zukünftigen Untersuchungen.

Literatur

Baier, Ch., 2003: Biologische und pflanzenbauliche Untersuchungen an der Arzneipflanze Artischocke (*Cynara spec*. L.), Teil 1: Veränderungen der Inhaltsstoffe während der Blattentwicklung, Drogenreport, 16, 29, 40-42.

Brand, N.,1997: Der Extrakt in Artischockenpräparaten. Pharmazeutische Aspekte eines pflanzlichen Wirkstoffes, Dt.-Apotheker-Zeitung 137: 3564-3578.

Wagenbreth, D., Grün, M., Wagenbreth, A.-N. & T. Wegener, 1996: Artischocke, Dt. Apotheker-Zeitung, 136, 43, 3818-3826.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 215–218 (2003)

Untersuchungen zum Einfluss der Lufttemperatur und N-Ernährung auf Kornbildung, Ölgehalt und Fettsäurenzusammensetzung der Samen von Borretsch (*Borago officinalis* L.)

Sylvia Cergel und B. Honermeier[1]

Einleitung

Die Verwertung von Ölpflanzen in der Lebensmittelindustrie und im Non-Food-Bereich erfordert eine dem Verwendungszweck angepasste Samenölqualität. Diese ist einerseits genotypisch bedingt, andererseits aber auch durch exogene Faktoren beeinflusst, die zu erheblichen Variationen in der Ölquantität und –qualität führen kann. Die Ursachen für auftretende Veränderungen in der Ölqualität wurden bei Pflanzenarten, die zur Herstellung von Phytopharmaka genutzt werden bislang nur wenig untersucht (FIELDSEND & MORISON, 2000). In den durchgeführten Experimenten sollte daher geklärt werden, ob auch bei der Arzneipflanze Borretsch (Borago officinalis), die als Samendroge zur Ölgewinnung genutzt wird, Interaktionen zwischen den Wachstumsfaktoren Lufttemperatur und N-Ernährung einerseits und der Samenölbildung andererseits vorliegen. Hierbei interessierten besonders die Anteile der für die pharmazeutische Nutzung wertbestimmenden Fettsäuren γ-Linolensäure (GLA, C 18:3 ω 6) und Erucasäure (C 22:1).

Material und Methoden

Vorgestellt werden die Ergebnisse von zwei Gefäßversuchen, die im Jahr 2002 in Klimakammern des Phytotrons Rauischholzhausen durchgeführt wurden. Als Versuchsmaterial diente Saatgut einer niederländischen Herkunft. Die Samen wurden in Keimschalen vorgezogen und im 3-4 Blattstadium in Mitscherlichgefäße (r = 6) gepflanzt. Bis zur Bildung von Blütenknospen wurden die Pflanzen bei einer Lufttemperatur (LT) von 20 °C/15 °C (Tag/Nacht) bei einer relativen Luftfeuchte von 50 % und einer Belichtungszeit von 16 h (Langtag) kultiviert. Ab Blühbeginn wurden folgende Temperaturregime etabliert: T1: Warm: 25 °C/18 °C (Tag/Nacht), T2: Kühl: 15 °C/10 °C (Tag/Nacht). Die Nährstoffversorgung erfolgte unmittelbar zur Pflanzung: P = 0,4; K = 1,6; Mg = 0,12 und Ca = 2,5 g/Gefäß. Die N-Dosierung ist Tab. 1 zu entnehmen. In Versuch 1 wurden alle N-Gaben der einzelnen Stufen zu Versuchsbeginn gegeben. Im zweiten Versuch wurde eine Aufteilung der N-Gabe für N_2 und N_3 vorgenommen, wobei die zweite Teilgabe zu Schossbeginn und die dritte Teilgabe zum Knospenansatz erfolgte (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: N-Dosierung (NH_4NO_3, g N/Gefäß) in Gefäßversuchen mit Borretsch, Rauischholzhausen 2002

Versuch	N_0	N_1	N_2	N_3
1	0,0	0,2	0,4	0,8
2	0,0	0,4	(0,4 + 0,4) 0,8	(0,4 + 0,4 + 0,4) 1,2

[1] Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 35394 Gießen, Email: sylvia.a.cergel@agrar.uni-giessen.de

Um einen ausreichenden Samenansatz zu gewährleisten, wurden die Pflanzen einmal wöchentlich manuell bestäubt. Zur Vermeidung von Ernteverlusten durch ausfallende Samen wurden die einzelnen Pflanzen nach erfolgtem Samenansatz in nach oben geöffnete Crisp-Pac-Beutel eingetütet. Die Pflanzen blieben bis zur Abreife in den Kammern. Als Prüfmerkmale wurden erhoben: Kornmasse/Gefäß, TKG, Ölgehalt und die Fettsäureanteile von GLA und Erucasäure. Die Bestimmung der Rohfettgehalte wurde mit der Folche-Extraktion durchgeführt. Die Fettsäurezusammensetzung des Samenöles wurde mittels der Fünfkornanalyse am GC bestimmt. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit SPSS 10.0. Normalverteilte Daten wurden einer Varianzanalyse unterzogen, bei signifikanten Unterschieden von Daten mit inhomogenen Varianzen wurde das Signifikanzniveau um eine Stufe abgesenkt. Daten ohne Normalverteilung wurden mit dem verteilungsfreien H-Test nach Kruskal und Wallis überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Die unterschiedliche N-Ernährung hatte in beiden Versuchen einen gesicherten Einfluss auf die Kornertragsbildung von Borago (s. Abb. 1). Im ersten Versuch konnten signifikante Unterschiede ($p = 0{,}001$) hinsichtlich der KM/Gefäß zwischen den einzelnen N-Stufen festgestellt werden. So stieg der Ertrag kontinuierlich mit Erhöhung der N-Dosierung auf das Sechsfache des Kornertrages der Kontrolle an. Auch im Folgeversuch wurde mit $p = 0{,}000$ ein signifikanter Einfluss der N-Düngung festgestellt. Die Samenerträge pro Gefäß erreichten bei 0,8 g N das Maximum und fielen bei weiterer Zunahme der N-Dosierung auf 1,2 g N von 2,7 g/Gefäß um 37 % auf 1,7 g/Gefäß zurück (s. Abb. 1)

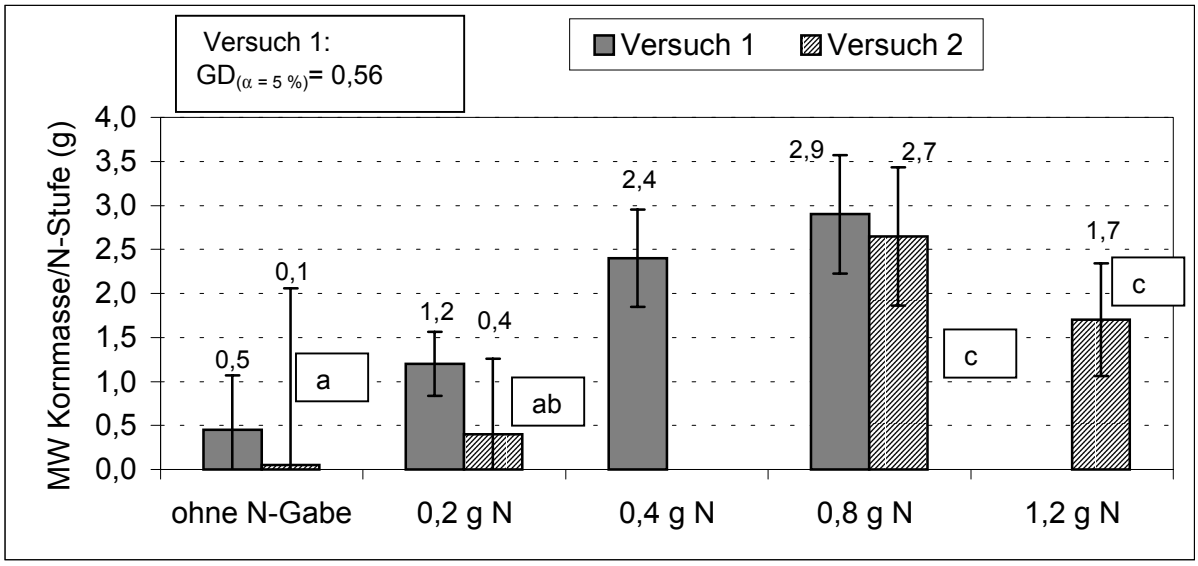


Abb. 1: Kornerträge (g/Gefäß) von *Borago* in Abhängigkeit von der N-Düngung, Gefäßversuch, Rauischholzhausen 2002

In Abb. 2 sind die TKG-Werte der Borretschsamen dargestellt. Es wird ersichtlich, dass hohe LT (25 °C) in beiden Versuchen tendenziell zu höheren TKG-Werten führten, wobei nur im ersten Versuch der Unterschied ($p = 0{,}041$) statistisch gesichert war. Die N-Ernährung bewirkte dagegen keine gesicherte Veränderung der Korngrößen. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die durch N-Steigerung erzielten Mehrerträge nicht über das TKG, sondern über die KZ/Pflanze erreicht wurden.

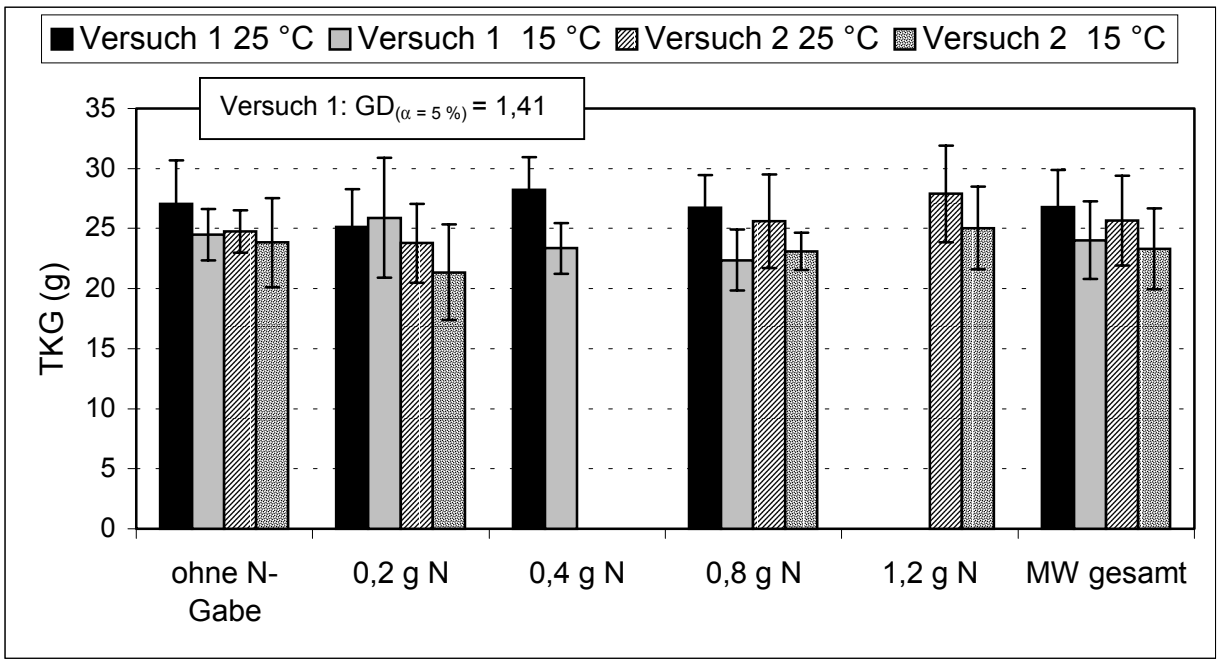


Abb. 2: TKG von *Borago* in Abhängigkeit der N-Düngung und Lufttemperatur, im Gefäßversuch Rauischholzhausen 2002

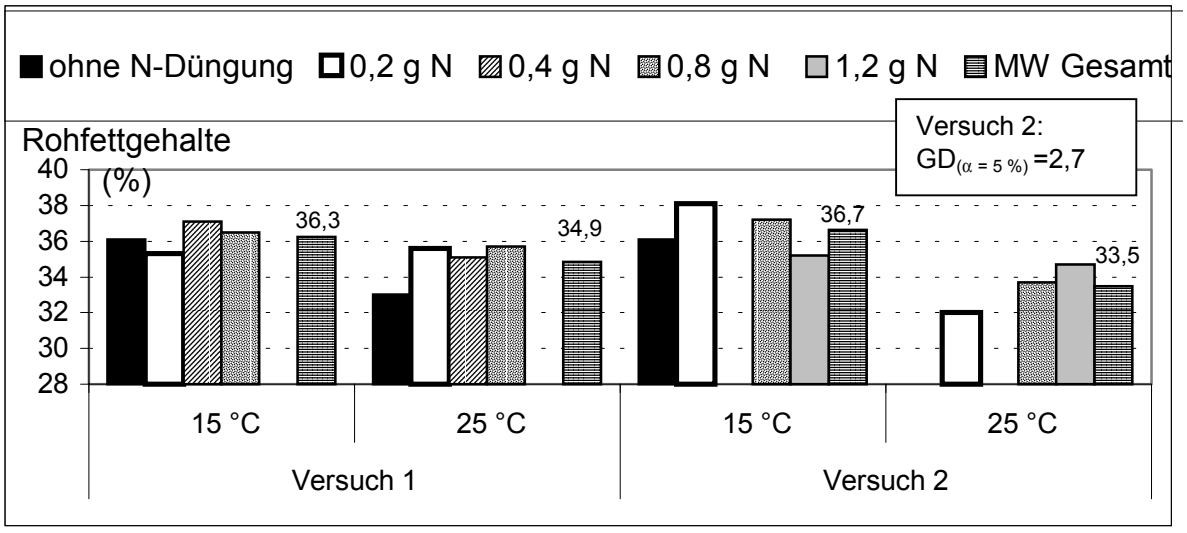


Abb. 3: Rohfettgehalte (% TM) von *Borago* in Abhängigkeit von N-Düngung und Lufttemperatur, Gefäßversuch Rauischholzhausen 2002

In Abb. 3 sind die Rohfettgehalte der einzelnen N-Stufen in Abhängigkeit von der Lufttemperatur in beiden Versuchen dargestellt. Die Veränderung der LT bewirkte gesicherte Effekte auf die Ölgehalte der Borretschsamen. Es wird ersichtlich, dass die erhöhte LT von 25 °C zu erniedrigten Ölgehalten führte, wobei nur im zweiten Versuch mit p = 0,019 ein signifikanter Unterschied besteht. Dieser Befund steht in Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen von MARQUARD (1980) an Raps, Sonnenblume und Lein, wo höhere LT während der Samenbildung ebenfalls zu verringerten Ölgehalten führten. Durch die Veränderung der N-Dosierung konnten dagegen keine Effekte auf die Ölgehalte der Borretschsamen ausgelöst werden.

Die unterschiedlichen Temperaturregime führten in beiden Versuchen auch zu statistisch gesicherten Veränderungen der Gehalte an wertbestimmenden Fettsäuren (s. Abb. 4).

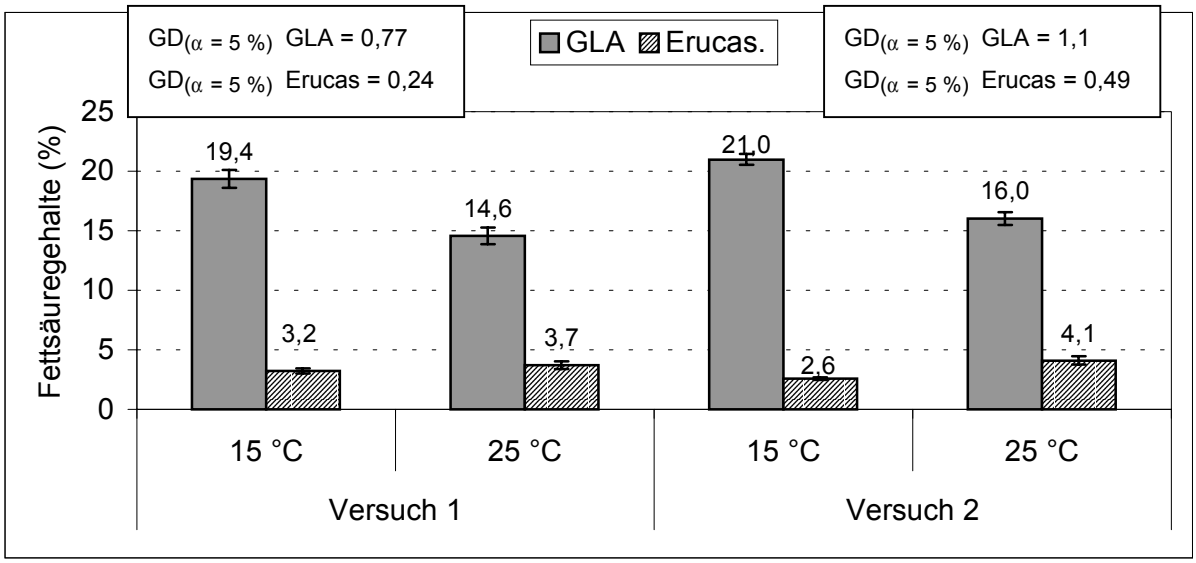


Abb. 4: GLA- u. Erucasäuregehalte (%) von *Borago* in Abhängigkeit von der Lufttemperatur, Gefäßversuche Rauischholzhausen 2002

Unter dem Einfluss der höheren LT wurden die GLA-Gehalte signifikant reduziert (p = 0,001), die Erucasäureanteile nahmen dagegen zu (p = 0,001). Zwischen diesen beiden Fettsäuren deutet sich damit eine negative Korrelation an, womit sich die von KNIPP et al. (2002) bei Borago ermittelten Befunde bestätigen. Als Ursache für diese gegenläufige Wirkung der Lufttemperatur wird die temperaturabhängige Aktivität der Enzyme angesehen, die an der Synthese der jeweiligen Fettsäuren beteiligt sind. Die Erhöhung der Delta-12-Desaturaseaktivität bei zunehmender LT führt zu höheren Gehalten an Ölsäure, die wiederum das Ausgangsprodukt für die Bildung der γ–Linolensäure darstellt. Die Bildung der Erucasäure wird dagegen über Elongasen reguliert, deren Temperaturoptimum bei 30 °C liegt (WILMER et al. 1998). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen somit insgesamt, dass auch bei *Borago officinalis* die gebildete Samenmenge und -qualität durch N-Ernährung und Temperaturverhältnisse während der Samenreife beeinflusst werden können. Die Abreife der Borretschpflanzen bei hohen Lufttemperaturen dürfte generell zu einer Verschlechterung der Samenqualität führen.

Literatur

Fieldsend, A. F. & Morison, J. I.L. (2000): Climatic Conditions during seed growth significantly influence oil content and oil qualitiy in winter and spring evening primrose (*Oenothera* spp.). Industrial Crops and Products 12: 137-147.

Knipp, G., Malko, A., Marquard, R. & B. Honermeier, 2002: Variabilität des Fettsäuremusters bei *Borago officinalis* L. als Grundlage zur Verbesserung der Ölqualität, Pflanzenbauwiss. 6 (2), 72-77.

Marquard, R. A. (1980): Der Einfluss von Standortfaktoren und spezifischen Klimakonstellationen auf Fettgehalt, Fettsäurezusammensetzung und Tokopherolgehalt von Raps, Sonnenblumen, Soja und Lein. Habilitationsschrift , Justus-Liebig-Universität Gießen.

Wilmer, J. A., Lessire, J.P., Helsper, F.G. & L.H.W. van den Plas, 1998: Regulation of elongase activity by abscisic acid and temperature in microspore-derived embryos of oilseed rape (*Brassica napus*). Physiologia Plantarum 102, 185-191.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 219–222 (2003)

Erste Anbauversuche von *Stevia rebaudiana*

Ralf Pude und Michael Diewald*

Einleitung

Etwa seit Mitte des 20. Jahrhunderts wird die Entwicklung synthetischer Zuckersubstitute vorangetrieben, die das Bedürfnis der Menschen nach Süße befriedigen, ohne Karies zu verursachen oder dem Körper Kalorien zuzuführen. Einige dieser Zuckerersatzstoffe sind allerdings sehr umstritten gewesen, beispielsweise galt Saccharin vorübergehend als Verursacher von Blasentumoren bei Ratten und Mäusen, oder sie sind, wie Aspartam, nicht ausreichend thermisch stabil und damit für die Verwendung zum Backen und Kochen ungeeignet.

Dieses Mißtrauen gegenüber synthetischen Süßstoffen intensivierte die Suche nach natürlichen, pflanzlichen Alternativen. Die in Lateinamerika beheimatete und bereits Ende des 19. Jahrhunderts entdeckte Pflanze *Stevia rebaudiana* aus der Familie der Korbblütler könnte eine solche Alternative sein. Sie speichert in ihren Blättern natürliche Süßstoffe, die, je nach Konzentration, um den Faktor 50–450 mal süßer sind als Saccharose, zudem thermisch und physikalisch ausreichend stabil und damit den Anforderungen der Nahrungsmittel verarbeitenden Industrie gerecht werden (KINGHORN und SOEJARTO 1985). Steviosid und Rebaudosid A sind Diterpenglykoside, die in den Chloroplasten der Blätter von *Stevia rebaudiana* gebildet und in den Vakuolen gespeichert werden. Sie bestehen aus einem tetrazyklischen Diterpen, dem Steviol, und drei (Steviosid) bzw. vier (Rebaudosid A) Glukosemolekülen; die Konzentrationen bewegen sich typischerweise für Steviosid in der Größenordnung 5-10 %, bei Rebaudosid A schwanken sie meist zwischen 2 und 4 % (KINGHORN und SOEJARTO, 1985).

Die Diskussion um die Eignung von *Stevia rebaudiana* und ihren Süßstoffen für den menschlichen Verzehr ist in verschiedenen Teilen der Welt mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen geführt worden. *Stevia*-Extrakte oder ihre isolierten Süßstoffe, vor allem Steviosid, werden seit geraumer Zeit und in größerem Umfang in einigen lateinamerikanischen und asiatischen Ländern, insbesondere Brasilien, Korea und Japan, als Nahrungsmittelzusatzstoffe verwendet, ohne dass in diesen Ländern bisher über schädliche Auswirkungen auf den Organismus berichtet wurde, die auf den Verzehr dieser Produkte zurückzuführen sind (HUXTABLE 2001). Während der Konsum in Japan bereits seit etwa 30 Jahren im großen Stil erfolgt, ist der Verkauf von *Stevia*-Produkten in der EU und in den USA derzeit noch mit Hinweis auf nicht ausreichend gesicherte Unbedenklichkeit (z.B. pharmakologische Wirkung oder Mutagenität von Steviol) untersagt.

Ziel des Versuches ist es, den Anbau der aus Paraguay stammenden Arzneipflanze unter hiesigen Bedingungen zu erproben.

Material und Methoden

Ein erster Anbauversuch mit *Stevia* wurde im Jahr 2002 auf einer Fläche des Kompetenzzentrums Gartenbau in Rheinbach angelegt. Bei dem hier vorliegenden Bodentyp handelt es sich um eine erodierte, an Basen und Nährstoffen reiche Parabraunerde aus Löß; die Bodenart ist als lehmiger Schluff einzustufen und bietet mit Ackerzahlen bis 93 in pflanzenbaulicher Hinsicht sehr günstige Voraussetzungen. Im

* Institut für Gartenbauwissenschaft, Universität Bonn, Auf dem Hügel 6, D-53121 Bonn

Versuchsjahr 2002 lagen sowohl die Niederschlagsmenge als auch die durchschnittliche Tagestemperatur mit 730 mm bzw. 10,6 °C über dem Langjährigen Mittel.

Die Pflanzen wurden als bewurzelte Stecklinge von der Gärtnerei Görtz aus dem Raum Frankfurt geliefert und am 16. Mai 2002 im Folientunnel bzw. im Freiland gepflanzt. Der Versuch wurde als einfaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen (jeweils 36 Pflanzen / Parzelle) unter Folie angelegt, im Freiland war nur eine Wiederholung, und damit ohne statistische Auswertung, möglich. Untersucht wurde der Einfluss verschiedener Bestandesdichten von 8, 11 und 14 Pfl./m² auf Wuchshöhe, Ertrag, gebildete Süßstoffe und Überwinterung.

Am 03. September 2002 wurden alle Pflanzen der jeweiligen Variante -mit Ausnahme der randständigen- geerntet und gewogen; nach erfolgter Trocknung (zunächst Lufttrocknung, später per Warmluft auf einem Riffelblechrost) wurde die Trokkenmasse ermittelt. Da sich die Süßstoffe der Stevia nur zum kleineren Teil in den Stängeln der Pflanze und überwiegend in ihren Blättern befinden, wurde im Anschluss an die Ernte eine Aufteilung in Blatt- und Stängelmasse vorgenommen. Der Gehalt und die Metaboliten von Steviol wurden mit Hilfe des HPLC analysiert.

Aufbauend auf den Ergebnissen von 2002 wurde im Jahr 2003 ein neuer Freiland-Versuch mit nur einer Bestandesdichte von 11 Pfl./m² angelegt. Der Versuch wurde am 08. Mai 2003 als Blockanlage mit drei Wiederholungen und einer Pflanzenanzahl von 66/Parzelle gepflanzt. Hier wird der Einfluß der Düngung (Kontrolle, KAS, KAS + 40-6er Kali, Agrobiosol und Stallmist) auf Wuchs, Ertrag und Inhaltsstoffe untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Bei Betrachtung der Stängel- und Wuchshöhe waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Bestandesdichten festzustellen (Abb. 1).

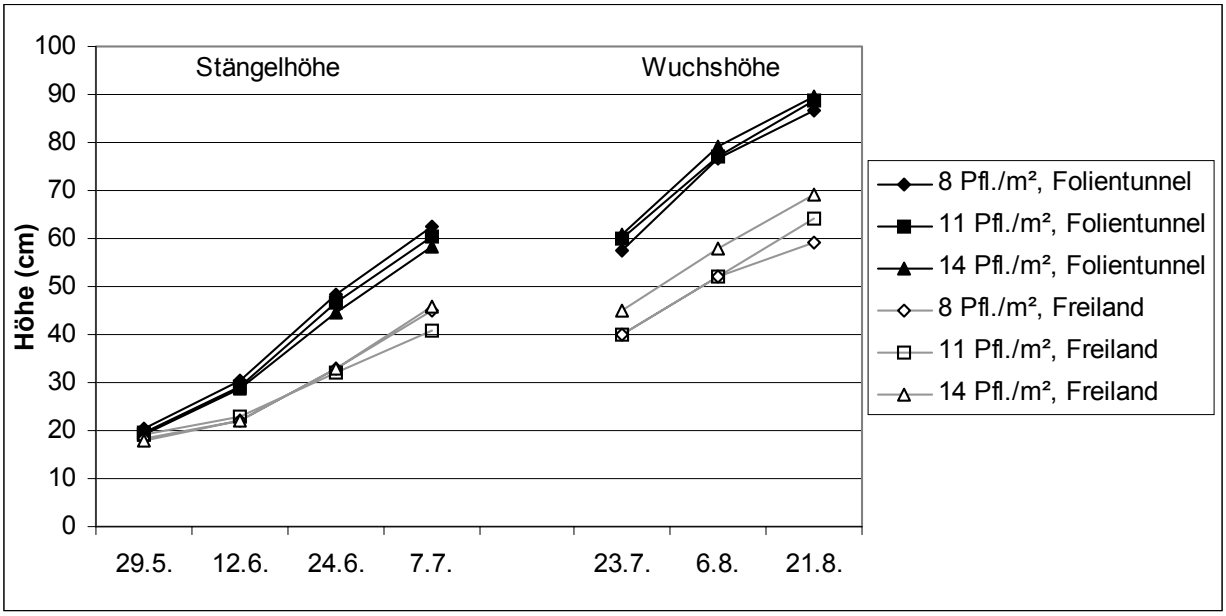


Abb. 1: Stängel- und Wuchshöhe von *Stevia rebaudiana* in 2002

Im Vegetationsverlauf nimmt der Bestand unter Folie im Vergleich zum Freiland-Bestand deutlich an Höhe zu. Zum Vegetationsende liegt die durchschnittliche Wuchshöhe im Folientunnel bei 88,3 cm, im Freiland bei nur 64,0 cm. Dies läßt sich mit höheren Temperaturen und einer besser geschützten Lage, insbesondere gegen Wind, im Folientunnel erklären.

Die Bestimmung des Trockenmasseertrages ergab, dass die Einzelpflanzen bei geringer Bestandesdichte deutlich kräftiger gewachsen waren als bei hoher Bestandesdichte. Dies liegt an dem besseren Raum-, Licht- und Nährstoffangebot. Insgesamt lag aber der Flächenertrag bei der hohen Bestandesdichte (14 Pfl./m²) mit 118 dt/ha signifikant höher als bei 11 bzw. 8 Pfl./m² (Tab. 1). Ähnlich verhielten sich auch die Freiland-Bestände, allerdings auf deutlich niedrigerem Niveau. Dies deckt sich mit den Untersuchungsergebnissen anderer Autoren, die ebenfalls mit höheren Bestandesdichten die höchsten Erträge erzielten. Da der Hauptteil der Süßstoffe in den Blättern liegt, wurde die Ernte in Blatt- und Stängelmasse aufgeteilt und der Blattanteil im Erntegut bestimmt. Dabei bestanden im Folientunnel zwischen den Bestandesdichten keine Unterschiede. Im Freilandanbau lag der durchschnittliche Blattanteil des Erntegutes mit durchschnittlich 50,4 % deutlich über dem des Folienanbaus mit 42,7 %. Nur bei der geringen Bestandesdichte war der Blattanteil im Freiland etwas niedriger als bei den übrigen Varianten. Die Erträge des vorliegenden Versuchs liegen deutlich über dem in der Literatur angegebenen Blattanteil von bis zu 40 % an der Gesamttrockenmasse. Ebenso liegen die Erträge im Freilandanbau, zumindest bei der höchsten Bestandesdichte, hier höher als in anderen Ländern (MOHEDE und SON 1989). Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass Versuchsbedingungen nicht ohne weiteres mit der landwirtschaftlichen Praxis zu vergleichen und daher weitere Ergebnisse abzuwarten sind.

Tab. 1: Blatt-, Stängel- und Gesamtertrag von *Stevia rebaudiana* (03.09.2002)

	Folientunnel (n=4)			**Freiland (n=1)**		
	8 Pfl./m²	11 Pfl./m²	14 Pfl./m²	8 Pfl./m²	11 Pfl./m²	14 Pfl./m²
Gesamtertrag (TM dt/ha)	79,1 b	95,4 b	118,0 a	48,8	62,1	78,8
Stängelertrag (TM dt/ha)	45,7 b	55,2 b	66,4 a	25,5	30,0	37,9
Blattertrag (TM dt/ha)	33,4 b	40,2 b	51,7 a	23,3	32,1	40,8
Blattanteil am Ertrag (%)	42,2 a	42,1 a	43,8 a	47,7	51,7	51,8

In umfangreichen Laboranalysen werden die qualitativen und quantitativen Gehalte der Stevioside in den Blättern und Stängeln analysiert. Mit Hilfe der Hochdruckflüssigkeitschromatographie sollen Steviol und die Metaboliten voneinander getrennt und quantifiziert werden. Die Ergebnisse hierzu können allerdings erst auf der Tagung präsentiert werden.

Im Überwinterungsverhalten der Pflanzen bestanden keine Unterschiede zwischen den Varianten. Weder die Versuchspflanzen unter Folie noch die im Freiland trieben im Frühjahr 2003 erneut aus. Ursachen dafür könnten einerseits die zu niedrige Schnitthöhe, die teils deutlich unter den von MOHEDE und SON (1989) empfohlenen 15 cm lag, sowie andererseits die teils strengen Fröste im Winter 2002/03 gewesen sein, die die in der Literatur geforderte Minimaltemperatur von –3 °C mehrmals bei weitem unterschritten haben.

Da ein größerer Anbauumfang von *Stevia* nur im Freiland wirtschaftlich sein dürfte, wurde im Jahr 2003 ein Düngungsversuch im Freiland angelegt. Weil Krautdrogen zur Ertragssteigerung eine N- betonte Düngung bevorzugen, andererseits aber auch der Süßstoffertrag durch Kalium beeinflußt werden könnte, wurden verschiedene mi-

neralische und organische N-K-Dünger geprüft. Die ersten Ergebnisse hierzu können ebenfalls erst auf der Tagung präsentiert werden.

Literatur

Huxtable, R. J., 2001: Pharmacological and toxicology of stevioside, rebaudioside A and steviol. In: A. D. Kinghorn (Hrsg.): The Genus *Stevia*. Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles 19: 160-177.

Kinghorn, A. D. und Soejarto, D.D.,1985: Current status of stevioside as a sweetening agent for human use. In: H. Wagner, H. Hikino und Farnsworth, N. R. (Hrsg.): Progress in Medicinal and Economic Plant Research. Academic Press, London 1;1-51.

Mohede, J. und Son, R. T. M., 1989: In: E. W. Westphal und P. C. M. Jansen (Hrsg.): Plant resources of South-East Asia. A Selection. Pudoc, Wageningen; 207-211.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 223–225 (2003)

Sustainable management of wheat-based systems in a Mediterranean environment: An analysis using a cropping systems simulator

C. Moeller[1], A.M. Manschadi[1], M. Pala[2], H. Meinke[3], J. Sauerborn[1]

Introduction

The need to increase agricultural production in the countries of the southern and eastern Mediterranean region is a consequence of economic and demographic pressures, and has raised questions about both the sustainability and environmental consequences of current and alternative production systems. Most pressing is the unsustainable use of groundwater resources, but soil degradation has also been reported. This study aims to identify productive, yet sustainable wheat-based systems in a semi-arid Mediterranean environment that substantially ease the pressure on groundwater resources and minimise soil degradation. Developing such resilient cropping systems requires a well-tested, quantitative systems analytical framework suitable to investigate the complex soil, crop, climate and management interactions. Here we demonstrate the performance of the cropping systems model APSIM (Agricultural Production Systems Simulator; Keating et al. 2003) by assessing likely impacts of various long-term management practices on crop productivity and the soil resource.

Material and Methods

Model description

APSIM is a cropping systems model that describes the dynamics of crop growth, soil water, soil nitrogen and carbon, and plant residues as a function of climate, cropping history and soil/crop management. It allows interventions through tillage, irrigation or fertilisation as well as choice, timing and sequencing of various crops. Within APSIM the major crop and soil processes are represented by distinct modules. Modules can be biological (e.g. crop, pasture), environmental (e.g. water and nitrogen balance, weather), managerial or related to the control of the simulation. A central interface unit, called engine, drives the simulation process and passes information between the independent modules. This modular structure enables different crop modules to interact with a common set of soil process modules. In this study, APSIM was configured with the wheat and chickpea crop modules, SOILWAT, SOILN and RESIDUE modules.

Data source

APSIM was parameterised and tested with data from durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) and kabuli chickpea (*Cicer arietinum*) experiments conducted during the 1998/99 and 1999/00 seasons at the experimental station of the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) at Tel Hadya, northwest Syria. The site has a Mediterranean climate. Rainfall shows a high inter- and intra-seasonal variability and averages 336 mm. The alkaline (pH ~ 8) cracking clay soil has around 1 % organic matter in the upper layer and is classified as *Cal-*

[1] University of Hohenheim, Inst. of Plant Production and Agroecology in the Tropics and Subtropics (380), 70593 Stuttgart, Germany
[2] International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, 5466 Aleppo, Syria
[3] Agricultural Production Systems Research Unit, DPI, 203 Tor St., Toowoomba, Australia

cixerollic Xerochrept. In 1998/99, wheat cv. Cham3 was grown under rainfed conditions with 60 kg N ha^{-1}, whereas in 1999/00 the experiment was irrigated (336 mm) and received two rates of N-fertiliser (0 kg N ha^{-1} and 100 kg N ha^{-1}). Chickpea cv. Ghab2 relied on rainfall in 1998/99 and was planted under rainfed and irrigated (208 mm) conditions in 1999/00. Field observations in the course of the seasons included crop growth and development (phenology, above-ground biomass, crop N-content, leaf area, yield), soil water (max. depth: 150 cm) and mineral nitrogen (max. depth 90 cm). Soil organic matter was recorded before sowing (max. depth 90 cm).

Simulation experiments

Initial long-term simulations of a wheat-chickpea rotation were conducted using 22 years of daily, historical weather data. Three residue management systems [all surface residues removed (B), 50% removed and deep ploughing (DP), 50% removed and zero tillage (ZT)] and three levels of nitrogen fertiliser applied in the wheat phase (N0, N30, N60) were evaluated.

Results and Discussion

Model testing

Overall, the simulation results for the conducted experiments justified the subsequent application of APSIM to examine a designed wheat-chickpea rotation. With the current parameterisation, predicted biomass production, yield, crop N-content and the soil water dynamics during crop growth were close to the observations for both wheat and chickpea and the two seasons. However, there was evidence that the soil water dynamics during fallow periods were not adequately represented. In APSIM, water loss as evaporation occurs from the surface layer (0-15 cm) only, which is thought to comprise a homogenous compartment, whereas *in situ* the appearance of shrinkage cracks in the course of soil drying allows for evaporation from deeper soil layers. Consequently, to avoid the accumulation of errors in long-term simulations, the dry profile was reinitialised between rotational cycles.

Long-term simulations

Over the course of the simulated timeframe, Wheat yields ranged from 0 to 3.3 t ha^{-1} and Chickpea yields from 0.09 to 1.6 t ha^{-1} with a marked interaction of seasonal rainfall and yield with all treatments. N-fertilisation had the greatest effect on wheat yield. The response of wheat yield to nitrogen was strongly influenced by water availability. The influence of the residue management system on yields was marginal within the evaluated period **(Fig. 1)**. However, in combination with 60 kg N ha^{-1} median total aboveground biomass of both wheat and chickpea was around 1 t ha^{-1} higher under ZT than in the B and DP treatments (not shown). Both fertilisation and residue management influenced soil organic matter (SOM), though the changes were small over the 22 years **(Fig. 2)**. The combination of ZT and 60 kg N ha^{-1} had the most beneficial effect on SOM. It increased SOM by 0.4 % in the upper soil layer (0-15 cm) and 0.1 % in the 0 to 60 cm profile. The here presented results underpin the crucial importance of water availability, which determines the margin for increasing productivity. In an environment characterised by a high rainfall variability, the simulated timeframe may not have been long enough for a build-up of clear differences between residue management systems. Overall, these initial simulations show that ASPIM is a suitable tool for a further analysis and the identification of improved and sustainable management practices in the target environment.

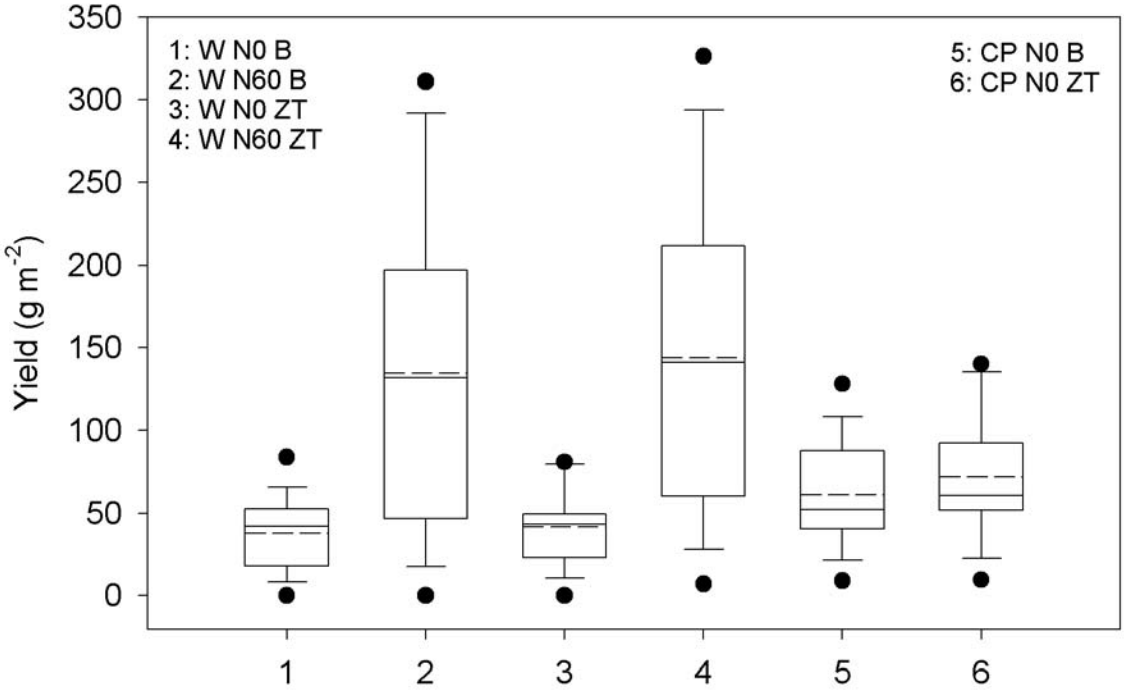


Fig. 1: Box whisker plots of wheat (1-4) and chickpea (5-6) yields obtained from different treatments of a simulated wheat-chickpea rotation (1980-2002) for Tel Hadya, northwest Syria. Mean yields are represented by the dashed line.

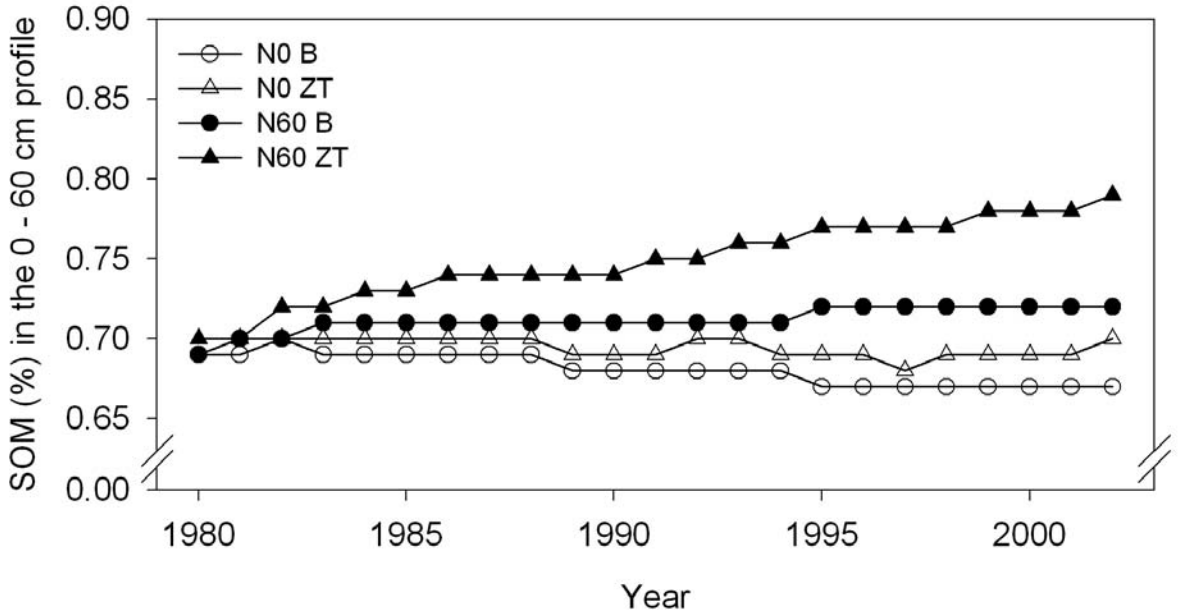


Fig. 2: Simulated time courses of soil organic matter (SOM) in a profile of 60 cm depth in four treatments of a wheat-chickpea rotation at Tel Hadya, northwest Syria.

Literatur

Keating, B.A., P.S. Carberry, G.L. Hammer, M.E. Probert, M.J. Robertson, D. Holzworth, N.I. Huth, J.N. Hargreaves, H. Meinke, Z. Hochman, G. McLean, K. Verburg, V. Snow, J.P. Dimes, M. Silburn, E. Wang, S. Brown, K.L. Bristow, S. Asseng, S. Chapman, R.L. McCown, D. Freebairn, and C.J. Smith (2003). An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. European Journal of Agronomy 18:267-288.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 226–227 (2003)

Geneffekte und Kombinationseignung der Eigenschaften von Burley-Tabaken (*Nicotiana tabacum* L.)

R. Honarnejad *, M. Shoai-Deylami **

Einleitung

Für die Züchtung der Kulturpflanzen zwecks Ertragssteigerung und Qualität sind die Informationen hinsichtlich ihrer genetischen Struktur, Kombinationseignung und die Heritabilität der Eigenschaften unerlässlich. Entsprechende Informationen werden u.a. von Diallelkreuzungen gewonnen, deren Grundlagen durch Jinks und Hayman (1953), sowie Griffing (1956) erarbeitet wurden.

Ogilvie und Kozumplik (1983), Rao (1989), Pandeya et.al. (1981, 1985) fanden die additiven Genwirkungen in der genetischen Kontrolle von Blattertrag und Gesamtertrag pro Parzelle beteiligt und gaben für den Gesamtalkaloid- und Prozentgehalt des Blattstickstoffs eine grosse Heritabilität an.

Murthy et.al. (1988) berichtet über hohe GCA und damit additive Geneffekte für den Alkaloidgehalt der Blätter, sowie deren Ertrag. Amaranth (1991) erklärt die additiven und nichtadditiven Genwirkungen für die Anzahl der Blattstomata für entscheidend und Chen (1972) gibt für den Nikotingehalt der Blätter hohe Heritabilität an.

Material und Methoden

Sieben Tabaksorten vom Typ Burley (B.4, B.Banket , B.CDL 28, B.21, B.26, B.Resistant und B.TN 86) wurden 1999 im Versuchsfeld des Zentrums für Tabakforschung in Rasht, im Norden Irans, als ein Halbdiallelplan miteinander gekreuzt und die Eltern, sowie die Nachkommenschaften im Jahr 2000 in einer Blockanlage (RCBD) mit 3 Wiederholungen angebaut und ihre qualitativen und quantitativen Merkmale wie Pflanzenhöhe, Tage bis zum Blühbeginn, Anzahl der Blätter pro Pflanze, Blattflächenindex, sowie Grün- und Trockenblattertrag von 5 Beobachtungen untersucht. Die Diallelanalyse wurde nach Methode 2 von Griffing durchgeführt und GCA für jede Eltern und SCA für jede Nachkommen ermittelt und ihre Signifikanz mit t-Test geprüft. Die Anteile der Additiv- und Dominanzvarianz in der gesamtgenetischen Varianz wurden von der Varianz der GCA bzw. SCA errechnet und dadurch die Heritabilität der Merkmale ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Genotypen haben hinsichtlich aller Eigenschaften (ausser Blattflaechenindex) signifikante Unterschiede. Die Partitionierung der Varianzen der Genotypen zeigen fuer alle Merkamle signifikante GCA, während SCA nur für einige Eigenschaften wesentlich ist. Aufgrund dessen sind die additiven Genwirkungen fuer die Formation der meisten Eigenschaften beteiligt, die nichtadditiven Genwirkungen dagegen nur für wenige Merkmale massgebend. Die untersuchten Sorten zeigen gegenueber der Standardsorte (B.21) signifikante Unterschiede.

In Anbetracht dessen, dass die Sorte B.Resis. mit 166 cm Pflanzenhöhe gleichzeitig die meisten rezessiven Gene und B.26 mit 120 cm Pflanzenhöhe die meisten dominanten Gene besitzen, ist anzunehmen, dass die grosse Pflanzenhöhe durch rezessive und die niedrige Pflanzenhöhe durch dominante Gene kontrolliert wird. Die

* Professor; College of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran.
** Researcher, Center of Tobacco Research, Rasht, Iran.

Sorte B.TN 86 hat hauptsächlich dominante Gene für die genetische Kontrolle der Pflanzenhöhe, während die Sorten B.14, B.CDL 28, B.Banket und B.21 hinsichtlich der dominanten und rezessiven Gene, die die Pflanzenhöhe kontrollieren, eine mittlere Stellung einnehmen.

Die Sorten B.21 und B.CDL 28 haben signifikante und negative GCA. Es ist darum anzunehmen, dass diese Sorten ihren frühen Blühbeginn an die Nachkommenschaften vererben. Zwischen den Nachkommenschaften haben die Kreuzungen B.CDL 28 x B.Banket, B.CDL 28 x B.Resis., B.Banket x B.TN 86 negative und signifikante SCA, so dass die Selektion von frühblühenden Linien möglich sein könnte. Zwischen den untersuchten Sorten haben B.CDL 28 und B.TN 86 für die Anzahl der Blätter pro Pflanze positive und signifikante GCA. Diese Sorten sind geeignete Eltern für die Vererbung der höheren Blätteranzahl. Die Ermittlung der Heritabilität von 83% für die Anzahl der Blätter pro Pflanze zeigt die Beteiligung der additiven Geneffekte in der Formation dieser Eigenschaft, so dass diesbezüglich eine Selektion erfolgreich sein kann.

Da die Regressionsgrade für den Blattflächenindex die Wr-Achse im negativen Bereich schneidet, kann man annehmen, dass bei der genetischen Kontrolle des Blattflächenindexes eine Überdominanz der Gene vorliegt. Die Streuung der Eltern entlang der Regressionsgrade zeigt die meisten dominanten Gene der Sorte B.14, während B.21 dazu die meisten rezessiven Gene aufweist und die restlichen Sorten eine mittlere Stellung annehmen. Zwischen den Eltern B.Resis. weist für den Blattflächenindex eine positive und signifikante GCA auf, während zwischen den Nachkommenschaften die Kreuzung B.21 x B.14 positive und wesentliche SCA zeigt. Ergebnisse der graphischen Analyse des Trockenblattertrages zeigt Überdominanz in der genetischen Kontrolle dieser Eigenschaft. In solch einer Situation sind die nichtadditiven (dominanten) Genwirkungen grösser als die additiven Geneffekte. Darum ist für den Trockenblattertrag eine Heritabilität von 25 bis 52% ermittelt worden. Die Streuung der Eltern entlang der Regressionsgrade zeigt die meisten dominanten Gene der Sorte B.21 und B.Banket, während die Sorte B.26 dafür die meisten rezessiven Gene zeigt. Aufgrund der Ergebnisse ist anzunehmen, dass der hohe Ertrag durch rezessive Gene und niedriger Ertrag durch dominante Gene gesteuert werden. Aufgrund der Heritabilitäten von 25 bis 52% könnte die Selektion von ertragsreichen Linien relativ erfolgreich sein.

Literatur

Ogilvie, IS, V. Kozumplik, 1983: Genetic analysis of quantitative characters in cigar and pipe tobacco, *Nicotiana tabacum*. Canadian J. of Genetics and Cytology 25(2), 185-189.

Pandeya, R.S. and B.F. Zilkey, 1981: Diallel genetic analysis of leaf and smoke characteristics in flue-cured tobacco. Tob. Chem. Res. Conf. 35, 6.

Rao, G.S.B., 1989: Heterosis and combining ability studies in inter-varietal crosses of chewing tobacco *(Nicotiana tabacum L.*). Madras Agricultural Journal 76(11), 617-620.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 228–231 (2003)

Auswirkungen wässriger Strohextrakte auf das Keimverhalten ausgewählter Winterweizengenotypen

B. Wagner, B. Hofmann und O. Christen*

Einleitung

Der pfluglose Anbau von Wintergetreide nach Getreidevorfrucht führt häufig zu Mindererträgen, wenn größere Strohmengen auf dem Feld verbleiben. Es gibt eine Reihe von Faktoren die zur Verminderung der Erträge führen können. Zu diesen gehört auch die phytotoxische Wirkung von Pflanzenrückständen auf die Nachfrucht. Dieser Effekt wird durch phytoinhibitorische Stoffe verursacht, die durch Niederschläge und Bodenwasser von bzw. aus den Ernterückständen gelöst werden. Bei ausreichender Konzentration vermindern diese sekundären Stoffwechselprodukte (Allelochemikalien) die Keimfähigkeit von Getreidekaryopsen und verursachen Störungen in der Wurzel- und Sprossentwicklung der Keimpflanzen (Řídký 1976). Ziel der Experimente war, die phytotoxische Wirkung von Stroheluaten unterschiedlicher Winterweizengenotypen auf die Keimpflanzenentwicklung von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) zu untersuchen.

Material und Methoden

Das Pflanzenmaterial stammt von einem Versuch der Lehr- und Versuchsstation Seehausen/Leipzig der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Hierbei handelte es sich um einen Fungizidversuch. Das Stroh der Sorten Altos, Zentos, Ludwig, Pegassos, Tarso, Bandit, Hybnos 2B, Kanzler, Heines Elite und Heine 4 wurde gehäckselt, 14 Tage bis zur Massenkonstanz getrocknet, anschließend gemahlen (0,5-5,0 mm) und bis zum Versuchsbeginn (Extraktherstellung) bei 15 °C lufttrocken und dunkel gelagert. Für die Extrakte wurde Stroh von den Parzellen D (ohne Fungizidapplikation) und A (mit Fungizidapplikation) [Applikation 1 (1,4 l/ha Radius Pack und 0,7 l Unix+0,7 l/ha Alto 100 SL) EC 30/31 und Applikation 2 (0,8 l/ha Pronto Plus+0,8 l/ha Amistar) EC 49/51] verwendet.

Die Keimschnelligkeitsuntersuchungen an verschiedenen Winterweizensorten wurden in Petrischalen mit jeweils 25 Karyopsen durchgeführt. Das Keimpapier [C160 (160 g/m²) SARTORIUS, Göttingen] wurde je nach Versuch mit 4,5 ml entionisiertem Wasser (Kontrolle) bzw. 4,5 ml Extrakt getränkt. Die Untersuchungen zur Ermittlung der Auswirkungen auf die Spross- und Wurzelentwicklung erfolgten in Keimrollen. Bei diesen Versuchen wurden je Keimrolle 50 Karyopsen eingelegt. Die verwendete Flüssigkeitsmenge betrug 350 ml Wasser bzw. Extrakt. Die Temperatur im Keimschrank wurde auf 20 °C eingestellt. Dabei betrug die relative Luftfeuchte 85 %. Die gesamten Versuche wurden ohne Beleuchtung durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei den speziellen Keimversuchen in Petrischalen wurde eine hemmende Wirkung auf den Keimbeginn beobachtet. Wasserlösliche Substanzen aus Weizenstroh der Sorte Pegassos führten bereits bei einer Extraktionsdauer von 2 Stunden zur Verzögerung der Keimung der geprüften Weizengenotypen. Die Herabsetzung der Keimgeschwindigkeit war unter Einwirkung des gleichen Strohextraktes bei einer Extrakti-

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle/Saale

onsdauer von 24 Stunden bedeutend größer (Tab. 1). Filtrate aus Stroh mit Fungizidbehandlung verzögerten dabei die Keimung weniger stark als Filtrate aus unbehandeltem Stroh. Mit zunehmender Keimdauer (24, 36 und 48 Stunden) verminderten sich die Differenzierungen zwischen den Behandlungen (Tab. 2). Die Reihung Referenzvariante (100 % gekeimte Karyopsen), Filtrat aus fungizidbehandeltem Stroh, Filtrat aus unbehandeltem Stroh blieb auch nach 48 Stunden noch bestehen.

Tab. 1: Wirkung verschiedener Strohextrakte auf die Keimung (% gekeimte Karyopsen) der Sorte Kanzler

	Extraktionsdauer 2 Std.		Extraktionsdauer 24 Std.		
Keimdauer	24 Std.	36 Std.	24 Std.	36 Std.	48 Std.
	gekeimte Karyopsen in %				
Kontrolle	58	100	54	88	100
Altos[1]	34	90	-	46	90
Zentos[1]	18	85	-	50	86
Pegassos[1]	26	80	-	60	82
Tarso[1]	14	82	4	51	80
Bandit[1]	24	88	4	32	86
Kanzler[1]	14	82	-	43	82

[1](Verschiedene Strohsorten fungizidbehandelt)

Dagegen wies der Extrakt aus fungizidunbehandeltem Stroh (Tab. 2) eine deutlich größere Hemmwirkung als bei behandeltem Stroh auf.

Tab. 2: Wirkung des Strohextraktes der Sorte Pegassos auf die Keimung (% gekeimte Karyopsen) verschiedener Weizensorten

Keimdauer	24 Std.			36 Std.			48 Std.		
	Kontr.	Beh.1	Beh.2	Kontr.	Beh.1	Beh.2	Kontr.	Beh.1	Beh.2
	gekeimte Karyopsen in %								
Altos[1]	24	8	-	84	68	48	100	92	84
Ludwig[1]	32	12	-	92	68	52	100	96	88
Pegassos[1]	20	4	-	88	64	48	100	92	84
Hybnos 2B[1]	16	12	-	96	60	44	100	88	80
Kanzler[1]	16	8	-	80	72	24	100	92	80
Heines Elite[1]	20	12	-	84	76	40	100	92	88
Heine 4[1]	24	16	8	100	92	84	100	98	92

Extraktionsdauer 2 Stunden (Stroh der Sorte Pegassos, Beh. 1 (m. F.) fungizidbehandelt, Beh. 2 (o. F.) fungizidunbehandelt), [1] Testkaryopsen

Maßgeblichen Einfluss auf die Keimung in der Petrischalenversuchreihe hatte die Extraktionsdauer. So zeigten bereits Untersuchungen von Koch (1990), dass nach kurzer Zeit über 50 % der wasserlöslichen Phytotoxine freigesetzt wurden.

In der Wurzel- und Sprosslängenentwicklung gibt es innerhalb der Behandlungen zwischen den geprüften Sorten teilweise signifikante Unterschiede (Tab. 3). Die Sprosslänge wird im Keimrollenversuch durch die Filtrate aus fungizidbehandeltem Stroh (Sorte Pegassos) bei den Sorten Altos, Hybnos 2B und Kanzler nicht beeinflusst. Signifikante Abweichungen in den Größenordnungen von 1-2 cm (ca. 10 %)

traten bei den Sorten Pegassos, Heines Elite und Heine 4 auf. Deutlich größer war die Sprosslängenverkürzung (über 50 %) bei der Verwendung von Filtraten aus unbehandeltem Stroh der Sorte Pegassos. Die Karyopsen der Sorte Pegassos reagierten auf dieses Eluat besonders stark durch Reduzierung der mittleren Sprosslänge von 9,3 cm (Kontrolle) auf 2,5 cm.

Trotz kürzerer Spross- und Wurzellängen sind die mittleren Keimpflanzenmassen bei Behandlung 1 größer als die der Kontrollen. Eine mögliche Ursache kann hierfür ein verstärktes Wachstum der Wurzeln in radialer Richtung sein, da die Keimwurzeln in beiden Behandlungen gedrungen waren und größere Wurzeldurchmesser aufwiesen.

Tab. 3: Wirkung von Strohextrakten der Sorte Pegassos auf Spross- und Wurzellängenentwicklung verschiedener Weizengenotypen

	mittlere Sprosslänge in cm			mittlere Wurzellänge in cm		
Sorten	Kontr.	Beh.1 m. F.	Beh.2 o. F.	Kontr.	Beh.1 m. F.	Beh.2 o. F.
Altos	6,8 b	6,1 c	3,3 bc	11,9 b	10,9 b	5,5 ab
Ludwig	9,1 a	7,8 a	4,1 a	13,1 a	12,3 a	6,1 a
Pegassos	9,3 a	8,1 a	2,5 d	12,5 ab	12,1 a	4,9 b
Hybnos 2B	7,2 b	6,7 b	3,1 cd	13,1 a	12,2 a	5,6 ab
Kanzler	7,6 b	6,9 b	3,5 abc	12,8 a	11,3 b	5,5 ab
Heines Elite	9,4 a	6,7 b	3,9 ab	12,3 b	12,2 a	5,8 a
Heine 4	8,9 a	7,1 b	3,6 abc	12,4 ab	12,4 a	5,9 a

Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant mit ($p \leq 0,05$)

Die Ergebnisse in Tab. 4 verdeutlichen, dass der Gehalt an wasserlöslichen phytoinhibitorischen Substanzen zwischen den geprüften Weizenstrohsorten schwankt.

Die Wirkung der verschiedenen Strohextrakte auf die mittlere Sprosslänge der Sorte Kanzler ist unterschiedlich zu beurteilen. Während die fungizidbehandelten Extrakte der Sorten Pegassos, Tarso und Kanzler keine nennenswerten Unterschiede brachten, reagierte die Testsorte Kanzler auf die Filtrate der Sorten Altos, Zentos und Bandit mit einer signifikanten Verminderung der mittleren Sprosslänge um 20-40 %. Diese lag durch Anwendung von unbehandelten Strohextrakten bei mehr als 50 %. In diesem Falle verursachte der unbehandelte Strohextrakt der Sorte Pegassos bei einer Extraktionsdauer von 2 Stunden sogar eine Verkürzung der mittleren Sprosslänge um 72 % auf 1,8 cm im Vergleich zur Referenzvariante.

Mit Ausnahme der Sorte Pegassos verursachten die Filtrate aus fungizidbehandeltem und -unbehandeltem Stroh der übrigen geprüften Sorten eine Herabsetzung der Wurzellängen bei der Sorte Kanzler in den Größenordnungen von 18-55 %. Die Behandlung mit Filtraten aus unbehandeltem Stroh bewirkte eine stärkere Verkürzung der Wurzellängen als Filtrate aus behandeltem Stroh. In dieser Hinsicht unterscheiden sich die Filtrate der Sorten Zentos und Bandit nicht wesentlich voneinander. Das betrifft auch den sortenspezifischen Filtrateinfluss auf die Keimpflanzenmasse bei der Sorte Kanzler. Die Behandlung mit Strohfiltraten senkte diese im Vergleich zu den Referenzvarianten um etwa 35 %.

Im Petrischalen- und im Keimrollenversuch konnte die Aussage von Guenzi und McCalla (1962) bestätigt werden, dass wasserlösliche Substanzen aus Weizenstroh die Keimung von Weizen deutlich weniger als das Spross- und Wurzellängenwachstum hemmen.

Tab. 4: Einfluss der Extrakte von sechs Strohsorten zweier Behandlungen auf das Keimverhalten der Weizensorte Kanzler

	mittlere Sprosslänge in cm				mittlere Wurzellänge in cm			
	Beh.1 m. F.		Beh.2 o. F.		Beh.1 m. F.		Beh.2 o. F.	
Kontrolle	7,74				15,1			
Altos	6,0	ab	3,2	b	11,3	b	8,8	a
Zentos	5,1	b	3,5	ab	8,5	d	8,8	a
Pegassos	6,6	a	1,8	c	12,6	a	6,6	b
Tarso	6,5	a	2,7	b	10,2	c	8,1	ab
Bandit	4,5	c	3,7	a	8,1	d	8,7	a
Kanzler	6,5	a	3,0	b	11,2	b	8,7	a

Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant mit ($p \leq 0,05$)

Fazit

Die Hemmwirkung von Stroheluaten auf die Keimung und die Keimpflanzenentwicklung ist sortenspezifisch. Die Konzentration der phytoinhibitorischen Substanzen in den Eluaten ist dabei stark von der Extraktionsdauer abhängig. Agrochemische Maßnahmen (Fungizidapplikationen) und Pathogenbefall beeinflussen den Gehalt dieser Stoffe nachhaltig. Aus methodischer Sicht erwiesen sich die Keimrollenexperimente als vorteilhaft, da die Untersuchungen an Keimspross und -wurzel relativ unkompliziert durchgeführt werden können.

Inwieweit die erzielten Laborergebnisse unter Feldbedingungen bei Wirksamkeit der Pufferwirkung des Bodens reproduzierbar sind, muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Die Ergebnisse lassen auch keinerlei Rückschlüsse auf mögliche Kompensationseffekte der Pflanzen in späteren Vegetationsstadien zu.

Literatur

Guenzi, W.D. und McCalla, T.M. (1962): Inhibition of germination and seedling development by crop residues. Soil Science Society Am. Proc. 33, S. 39-49.

Řídký, K. (1976): Phytotoxizität der Getreiderückstände beeinflusst durch physikalische Bedingungen und mikrobielle Tätigkeit. I. Informationsbericht. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg und VÚZA Hrušovany Brna, S. 1-15.

Koch, H.-J. (1990): "Pflanzenbauliche Risiken und erosionsmindernde Wirkungen von Strohmulchdecken im Getreidebau". Diss. Göttingen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 232–235 (2003)

Untersuchungen zur Beurteilung des Erdanhangs in Sortenversuchen bei Zuckerrüben

A. Ossenkop[1)], E. Ladewig[1)], W. Horn[2)]

Einleitung

Die Höhe des Erdanhangs von Zuckerrüben wird maßgeblich durch Bodeneigenschaften und pflanzenbauliche Maßnahmen beeinflusst (Koch 2002). Auch die Witterungsbedingungen zur Ernte und technische Maßnahmen zur Reinigung der Rüben am Feldrand sind entscheidend für die jährlich mit den Rüben in die Fabriken gelieferten Erdmengen. Die genetische Variation, die durch Kreuzungen mit Futterrüben geschaffen wurde, ermöglicht desweiteren die Selektion von Genotypen mit einer glatten Oberfläche und einer gering ausgeprägten bis fehlenden Wurzelrinne. Diese als „clean beets“ bezeichneten Genotypen weisen 50-60 % des Erdanhangs von Standardsorten auf (Gram und Jørgensen 2002).

Die Streuung des Erdanhangs als Messparameter in Sortenversuchen ist durch die bereits genannten Einflussfaktoren sehr groß, wodurch die bisher in Wertprüfungen ermittelten Daten nicht zur Beurteilung und Beschreibung von Sorten genutzt werden konnten. Ziel des vorgestellten Projektes war es, in Feldversuchen mit unterschiedlichen Genotypen die Möglichkeiten zur Erfassung und Beurteilung des Erdanhangs als Sorteneigenschaft zu untersuchen. Die Verarbeitung der Rüben aus Sortenversuchen erfolgt in verschiedenen Aufbereitungsanlagen. Daher wurde in den vorgestellten Versuchen neben dem Faktor Genotyp auch der mögliche Einfluss unterschiedlicher Verfahren der Abreinigung loser Erde und der Einfluss einer zügigen Verarbeitung im Vergleich zu der üblichen Lagerdauer von ca. einer Woche untersucht.

Material und Methoden

In den Jahren 2001 und 2002 wurden an jeweils vier Standorten (= 8 Umwelten) Feldversuche als Spaltanlagen mit drei Wiederholungen angelegt. Insgesamt wurden acht Genotypen ausgewählt, die in der Rübenform und im erwarteten Erdanhang differenzierten. Dies waren drei Vergleichssorten vom deutschen Markt (A, B, C), zwei „clean beets“ (D, E) und drei Vergleichssorten vom Züchter Danisco Seed mit geringem (F, G) bis sehr hohem (H) erwarteten Erdanhang. Die Genotypen (Kleinteilstücke) wurden nach der Ernte in drei verschiedenen Anlagen (Großteilstücke) verarbeitet. Die Anlagen (Göttingen, Königslutter, Wierthe) verwendeten ein unterschiedliches System zur Abreinigung der losen Erde. Während in Königslutter und Wierthe diese Vorreinigung über eine Siebkette erfolgte, wurde in Göttingen eine rotierende Siebtrommel eingesetzt. Wie in Sortenversuchen bei Zuckerrüben üblich, wurden die Rüben in „Big Bags“ geerntet und transportiert. Die Verarbeitung erfolgte nach ca. einer Woche. Um den Einfluss einer zügigen Verarbeitung nach der Ernte im Vergleich zu der üblichen Zeitspanne von ca. einer Woche quantifizieren zu können, wurde in insgesamt fünf Umwelten ein weiteres Großteilstück angelegt. Dieses wurde in einer der drei Anlagen sofort nach der Ernte verarbeitet und konnte mit den Ergebnissen der üblichen Verarbeitung derselben Anlage verglichen werden.

Definitionen:

[1)] Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, D-37079 Göttingen
[2)] Danisco Seed GmbH, Braunschweiger Str. 22b, 38154 Königslutter am Elm

Erdmasse (t ha^{-1}) = an den Rüben anhaftende Erde, die nach der Abreinigung mitgeführter loser Erde verbleibt. Berechnet aus der Differenz des Gewichtes nach Abreinigung und dem Gewicht der gewaschenen Rüben.

Erdanhang (%) = die Masse der anhaftenden Erde in % der Masse der gewaschenen Rüben.

Für den Vergleich der Genotypen, Anlagen und Umwelten wird zunächst nur die Erdmasse als absolute Messgröße verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Für den Einfluss der Lagerung konnten vier von fünf Umwelten ausgewertet werden. Im Mittel der Genotypen wurde durch die zügige Verarbeitung der Rübenproben zwischen 0,12 t ha^{-1} und 2,8 t ha^{-1} mehr Erdmasse ermittelt. Obwohl die Rüben von der Ernte bis zur Verarbeitung in den „Big Bags“ verblieben, erhöhte die Lagerungsdauer den Anteil der losen Erde, die anschließend bei der Vorreinigung mittels Siebkette oder -trommel entfernt wurde. Unter Lagerung wird hier das Verweilen der geernteten Rüben in den „Big Bags“ auf dem Feld bzw. auf Fahrzeugen/Containern verstanden. In Abbildung 1 sind die Ergebnisse für vier Umwelten dargestellt. Der Einfluss des Genotyps war in allen Umwelten signifikant, jedoch ohne Wechselwirkung mit dem Einfluss der Lagerung. Die zwei Umwelten mit den höchsten gemessenen Erdmassen von 8,7 t ha^{-1} und 4,5 t ha^{-1} wiesen auch den größten Lagerungseffekt auf. D.h. erst bei höheren Mengen anhaftender Erde führt die Lagerung zu einem stärkeren Abtrocknen und Lösen der Erde.

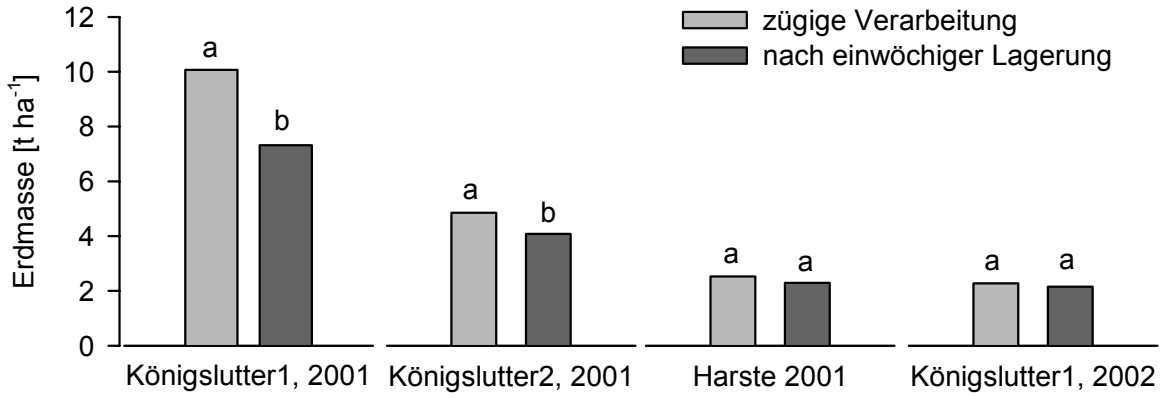


Abb. 1: Einfluss der Lagerung auf die Erdmasse in den einzelnen Umwelten (Mittel der Genotypen, 2001 und 2002). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen innerhalb einer Umwelt ($\alpha < 0,05$; Tukey).

Die Erdmasse in Abhängigkeit von Genotyp und Abreinigungssystem konnte in insgesamt sieben wertbaren Umwelten untersucht werden. Der Einfluss von Genotyp, Abreinigungssystem und Umwelt, aber auch deren Dreifachwechselwirkung war signifikant. Dies besagt, dass die Hauptfaktoren nicht unabhängig voneinander wirken, somit Mittelwertvergleiche der Genotypen nicht im Mittel über alle Umwelten oder Abreinigungssysteme erfolgen dürfen. Nach Kombinationstests konnten zwei Gruppen aus je zwei bzw. drei Umwelten zusammengefasst werden, zwei weitere Umwelten mussten jedoch aufgrund der Wechselwirkungen einzeln ausgewertet werden. In Abbildung 2 sind die Genotypen und Abreinigungssysteme einer Umweltgruppe dargestellt. Die mittlere Erdmasse lag hier bei 3,6 t ha^{-1}. Entsprechend der Intensität der

Vorreinigung wurde in Königslutter im Mittel 30 % mehr anhaftende Erde ermittelt als in Göttingen und in Wierthe 34 % mehr im Vergleich zu Königslutter. Die rotierende Siebtrommel in Göttingen entfernt neben der losen Erde auch einen Teil der anhaftenden Erde. Die geringere Erdmasse in Königslutter im Vergleich zu Wierthe resultiert vermutlich aus dem abreinigenden Effekt einer zusätzlichen Fallstufe im Rübenstrom.

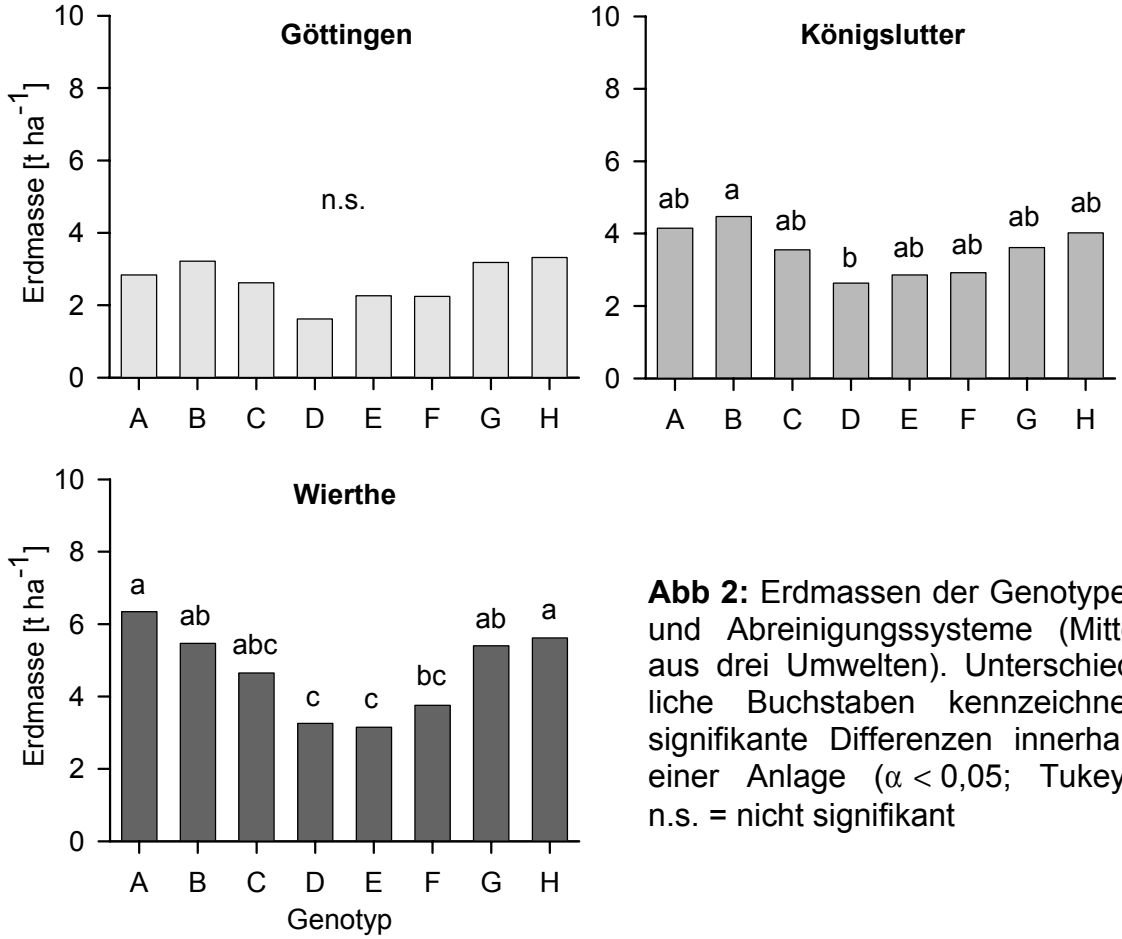


Abb 2: Erdmassen der Genotypen und Abreinigungssysteme (Mittel aus drei Umwelten). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen innerhalb einer Anlage ($\alpha < 0{,}05$; Tukey). n.s. = nicht signifikant

Das niedrigste Erdmasseniveau in allen Aufbereitungsstellen hatten die „clean beets“ (D, E) und der Genotyp F (Vergleichssorte Danisco mit geringem erwarteten Erdanhang). Signifikante Unterschiede konnten in Königslutter und Wierthe nachgewiesen werden. Zwar deutet diese Darstellung an, dass mit zunehmendem Erdmasseniveau auch die Genotypdifferenzierung zunimmt, jedoch stimmt dies z.T. nicht mit den Ergebnisse der anderen Umwelten überein. Insgesamt sind die Grenzdifferenzen so hoch, dass nur die höchsten und die niedrigsten Werte signifikant voneinander verschieden sind.

Die höchste Übereinstimmung der ermittelten Erdmassen (Genotyprangfolge) wiesen die beiden ähnlichen Abreinigungssysteme Königslutter und Wierthe auf. Für die beiden Umweltgruppen betrugen die Bestimmtheitsmaße r^2=0,85 und r^2=0,75. Die Ergebnisse der einzeln zu betrachtenden Umwelten, einer mit sehr hohem Erdanhang (8,3 t ha^{-1}) und einer mit vergleichsweise geringem Niveau (2,4 t ha^{-1}) wiesen darauf hin, dass eine korrekte Beurteilung nur möglich ist, wenn ein bestimmtes Niveau weder über- noch unterschritten wird. Bei zu hohen Erdmassen wird der Einfluss des Genotyps auf die anhaftende Erde durch Rübenoberfläche und Wurzelrinne durch den Einfluss von Boden und Erntebedingungen überlagert. Bei Umwelten mit

vergleichsweise geringen Erdmassen wurde vermutlich durch intensive Vorreinigungsmaßnahmen (z.B. in der Siebtrommel Göttingen) so viel anhaftende Erde entfernt, dass eine signifikante Sortendifferenzierung nicht mehr möglich war.

Eine Darstellung von Umweltgruppen und einzelnen Umwelten resultierend aus der Anwendung statistischer Verfahren wäre für Beratungszwecke nicht interpretierbar, da die entstehenden Gruppen keiner eindeutigen Zuordnung, z.B. zu Anbaugebieten, entsprechen. Daher wurde trotz der aufgezeigten Wechselwirkungen für die einzelnen Genotypen das Mittel über Umwelten und Aufbereitungsanlagen gebildet. Das niedrigste Erdmasseniveau erreichten auch hier die „clean beets“ und die Vergleichssorte F (3,1-3,4 t ha^{-1}), signifikant verschieden waren diese Werte von denen der vier Genotypen mit höchstem Erdmasseniveau (Maximum 4,7 t ha^{-1}). Das Mittel aller Genotypen, Anlagen und Umwelten lag bei 4,0 t ha^{-1}. Trotz der unterschiedlichen Anlagen und den Umwelteinflüssen, ließen sich im Mittel bei Genotypen mit entsprechenden morphologischen Eigenschaften auch die niedrigsten Erdmassen messen. Der Erdanhang wird für den Vergleich von Sorten am häufigsten verwendet, hier werden vor allem Typen begünstigt, die bei gleicher absoluten Menge anhaftender Erde einen hohen Rübenertrag aufweisen. Jedoch spiegelten sich die Ergebnisse der Erdmasse auch im Erdanhang wieder, obwohl die Rübenerträge der Genotypen zwischen 71,4 t ha^{-1} und 80,1 t ha^{-1} variierten. Der Erdanhang der Genotypen lag in einem Bereich von 4 % bis 6,3 %, je nach Umwelt wurden jedoch Werte von 2,9 % bis 10,7 % erreicht.

Soll die Eigenschaft Erdanhang standardmäßig für die Beratung genutzt werden, so sind Umwelten notwendig, deren Erdmassen den genetischen Anteil anhaftender Erde repräsentativ darstellen können und eine Sortendifferenzierung ermöglichen. Der Auswahl von Standorten und der Steuerung des Erntetermins zugunsten geeigneter Erntebedingungen kommt daher für die Beurteilung der Eigenschaften Erdmasse und Erdanhang eine besondere Bedeutung zu.

Literatur

Gram, N. H. und Jørgensen, A. B., 2002: Reduction of soil tare through breeding techniques. Proceedings 65th IIRB Congress, Brussels.

Koch, H.-J., 2002: Einfluss der Anbaugestaltung auf den Erdanhang von Zuckerrüben. Proceedings 65th IIRB Congress, Brussels.

Dieses Projekt wurde mit der Unterstützung von Danisco Seed GmbH in Königslutter am Elm durchgeführt.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 236–239 (2003)

Einfluss von Kältebehandlung und Beschattung auf den Kornansatz von Hybriden des Roggens mit unterschiedlichem Restorer-Gen

Henrik Grölz & Bernd Honermeier*

Einleitung

In der Züchtung von Hybridsorten beim Winterroggen wird der Mechanismus der cytoplasmatisch genisch vererbten männlichen Sterilität (CMS) genutzt, bei dem zur Erzeugung von F1-Hybriden die Restaurierung der männlichen Fertilität erforderlich ist. Auf Grund der begrenzten Restorationsleistung der gegenwärtig verwendeten Restorer (partielle Restorer), werden gegenwärtig neue Restorerlinien aus iranischen und argentinischen Roggenpopulationen in geeignetes Zuchtmaterial eingelagert, mit denen eine bessere Pollenbildung und eine umweltstabilere Ährenleistung erreicht werden soll (WILDE et al. 2001). Wie dieses neue Zuchtmaterial auf wechselnde Umweltfaktoren reagiert, ist bislang wenig untersucht.

Das Ziel der durchgeführten Versuche bestand deshalb darin, den Einfluss abiotischer Stressfaktoren (Wassermangel, Kälte und Lichtmangel) auf den Roggen, unter Verwendung von NISC-Experimentalhybriden (NISC = Near Isogenic Single Crosses), die durch unterschiedliche Restorergene gekennzeichnet sind, zu prüfen. Es sollte geklärt werden, ob gesicherte Interaktionen zwischen den Stressfaktoren und den NISC-Hybriden bzw. den verwendeten Restorern bestehen.

Material und Methoden

Berichtet wird über 2 Gefäßversuche, die im Jahr 2002 in der Gefäßstation Rauischholzhausen durchgeführt wurden. Der Versuch 1 wurde 3faktoriell (A-Beschattung: ohne/mit, B-Wasserversorgung: optimal/reduziert, C-Hybriden: 8 NISC-Hybriden, davon 4 mit IRAN IX- und 4 ohne IRAN IX-Restorer) mit 6 Wiederholungen angelegt. Die Beschattung (ab 21. 3. 02) wurde mit Netzen (Beschattungsmatten) durchgeführt, die in ca. 4 m Höhe angebracht wurden und die Lichtintensität je nach Sonnenstand und Bewölkung auf 60 – 75 % reduzierten. Die Wasserkapazität in der suboptimalen Variante war während der Schoß- und Blühphase des Roggens um 25 % und während der Kornfüllungsphase um 10 % reduziert (gravimetrische Bestimmung). Starkniederschläge im März 02 führten zu einer hohen Wassersättigung des Bodensubstrates im gesamten Versuch. Im Versuch 2 (2faktoriell) erfolgte eine Kältebehandlung in drei Stufen: 1 – ohne Kältebehandlung (Gefäße standen im Freiland), 2 – wechselnde Kältebehandlung (2 x bei +2 °C) zu DC 24 (14. – 21. März 02) und DC 25 (28. 3. – 3. 4. 02), 3 – einmalige Kältebehandlung zu Schoßbeginn (DC 30, 22.–25. April 02) bei – 2°C. Auch dieser Versuch wurde mit den gleichen NISC-Hybriden (Prüffaktor B, 8 Stufen) durchgeführt wie Versuch 1.

Die in beiden Versuchen verwendeten Experimentalhybriden wurden von der Lochow-Petkus GmbH entwickelt und für Versuchszwecke bereit gestellt. Die Gefäße (6,5 l, Lößboden-Sand-Gemisch) wurden am 15. 11. 01 angesetzt (33 Samen/Gefäß) und am 4. 12. 01 auf 22 Pfl./Gefäß vereinzelt. Die Nährstoffversorgung erfolgte standardmäßig (0,4 g P, 1,6 g K, 0,12 g Mg, 3 g Ca, 2 x 0,5 g N). Der Winterroggen überwinterte in den Gefäßen im Freien bzw. bei Frost in einer Gleishalle. Die Versuche wurde am 12. 4. bzw. am 31. 5. 02 mit dem Fungizid Opus Top (1,5 l/ha) behan-

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen

delt. Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS 10.0 (Test auf Varianzhomogenität, F-Test, Varianzanalyse).

Ergebnisse und Diskussion
Das induzierte Wasserdefizit bewirkte beim Roggen eine leichte Beschleunigung des Entwicklungsverlaufes (früherer Beginn des Ährenschiebens) und eine signifikante Verkürzung der Pflanzenlänge (- 4,3 cm). Die Auswirkungen auf den Ertrag und auf die Ährenmerkmale waren dagegen gering und statistisch nicht gesichert (s. Tab. 1). Die vorhandenen Versuchsbedingungen haben möglicherweise eine stärkere Differenzierung der Pflanzenbestände verhindert. Die Beschattung der Pflanzen hatte demgegenüber einen deutlich stärkeren Einfluss auf die Morphologie und die Ertragsbildung des Roggens. So führte die Reduktion der Lichtintensität zu einer signifikanten Verzögerung des Entwicklungsverlaufes (späterer Beginn des Ährenschiebens und der Blüte) und zu einer Verlängerung der Pflanzen (+ 5,4 cm). Auch die Chlorophyll-Indizes (CCI) der Blätter waren zu beiden Messterminen in der beschatteten Variante signifikant erhöht. Es wird vermutet, dass Lichtmangel eine stärkere Pigmentierung der Blätter bewirkte. Infolge der durch den induzierten Lichtmangel geminderten Photosyntheseleistung wurden sowohl der Kornertrag/Gefäß (- 6 %) als auch einige Ährenmerkmale negativ beeinflusst. So nahmen die Kornzahl/Ähre um 2 %, der Einzelährenertrag um 4 % und das TKG um 2 % in der beschatteten Variante ab. Es konnte jedoch kein Einfluss der Beschattung auf die Blütenzahl/Ähre und auf die Zahl steriler Blüten/Ähre beobachtet werden.

Tab. 1 Einfluss der Prüffaktoren Beschattung, Wassermangel und Genotyp (IRAN-IX-Restorer) auf Ertrag und Ährenmerkmale beim Winterroggen, Gefäßversuch Rauischholzhausen 2002

Prüfmerkmal	Beschattung			Wasser			IRAN-IX-Restorer		
	Ohne	Mit	Sign.	Optim.	Reduz.	Sign	Ohne	mit	Sign.
CCI, 30.4.	23,7	29,6	**	28,0	25,2	n. s.	26,6	26,7	n.s.
CCI, 21.5.	37,4	41,7	***	38,5	40,6	**	40,7	38,4	***
KE, g/Gefäß	46,6	43,8	***	45,9	44,4	*	47,5	42,8	***
ÄL	9,3	9,2	n.s.	9,2	9,3	n. s.	9,1	9,4	*
BZ/Ä.	56,4	56,2	n.s.	56,1	56,5	n. s.	55,4	57,2	***
Sterile Blüten	4,6	5,0	n.s.	4,9	4,7	n. s.	4,6	5,0	-
KZ/Ä.	50,2	49,4	*	49,4	50,2	n. s.	48,9	50,6	***
EÄE, g/Ähre	1,90	1,82	***	1,84	1,88	n. s.	1,93	1,79	***
TKG, g	37,9	37,1	**	37,4	37,5	n. s.	39,7	35,3	***

Die Analyse der NISC-Hybriden zeigte keine phänologischen oder morphologischen Unterschiede zwischen den Hybriden. In der Ährenstruktur dagegen konnten statistisch gesicherte Effekte des Hybridtyps beobachtet werden. NISC-Hybriden mit IRAN-IX-Restorer wiesen höhere Blütenzahlen/Ähre (+ 3%) und höhere Kornzahlen/Ähre (+ 3,5%) als die Hybriden ohne IRAN IX-Restorer auf. Diese Effekte bewirkten jedoch keine Verbesserung der Kornerträge/Gefäß. Eine Ursache könnte in den deutlich verminderten TKG-Werten (- 4,4 g) zu sehen sein. Der starke Rückgang des TKG scheint den Kornertrag stärker beeinflusst zu haben als die leichte Zunahme der KZ/Ä. Wechselwirkungen waren zwischen den Prüffaktoren Hybride und Beschattung in den Merkmalen Ährenlänge, Kornzahl/Ähre und Blütenzahl/Ähre zu be-

obachten. Diese Wechselwirkung war jedoch innerhalb der Gruppen (mit bzw. ohne IRAN IX-Restorer) nicht gleich gerichtet, so dass hier nicht von einem Effekt des Restorergens ausgegangen werden kann.

Tab. 2 Einfluss der Prüffaktoren Beschattung, Wassermangel und Genotyp (IRAN-IX-Restorer) auf Ertrag und Ährenmerkmale beim Winterroggen, Gefäßversuch Rauischholzhausen 2002

Prüfmerkmale	Kältebehandlung					IRAN-IX-Restorer		
	Ohne	Wech-sel	Sign.	zu DC 30	Sign.	Ohne	mit	Sign.
Pflanzenlänge, cm	123	129	***	126	***	125	127	n. s.
Ährenlänge, cm	9,3	10,1	***	9,9	***	9,7	9,8	n. s.
Blütenzahl/Ähre	59,5	63,8	***	63,5	***	61,9	62,6	n. s.
Sterile Blüten/Ähre	4,75	6,71	*	5,91	n. s.	6,18	5,38	n. s.
Kornzahl/Ähre	52,9	55,0	*	55,2	*	53,9	54,8	n. s.
TKG, g	29,6	32,1	***	31,0	n. s.	35,5	33,2	***
Kornertrag/Gefäß, g	21,9	22,8	n. s.	22,6	n. s.	23,0	21,9	**

Die Kältebehandlung des Roggens führte zu einer Zunahme der Pflanzenlänge sowie zu einer Vergrößerung der Ährenlänge der Pflanzen (vgl. Tab. 2). Kühlere Lufttemperaturen bewirkten auf Grund der größeren Ährenlängen somit auch ein höheres morphologisches Ansatzpotenzial der Ähren. Dies drückt sich aus in einer Zunahme der Blütenzahl/Ähre um 7 % im Vergleich zur Kontrolle (unbehandelt). Zugleich nimmt in der Tendenz jedoch auch die Anzahl steriler Blüten/Ähre zu und die Ährenfertilität (relativer Anteil fertiler Blüten) von 88,9% auf 86,2% (wechselnde Kältebehandlung) und 86,9% (Kälte vor der Blüte) ab. Wechselnde Kältebehandlung mit einer Temperatureinwirkung von +2 °C wirkte sich etwas stärker auf den Anteil steriler Blüten aus als einmalige Kältebehandlung bei -2 °C zu Schoßbeginn. Insgesamt hatte dieser Stressfaktor jedoch einen geringeren Einfluss als vermutet. Da die Kältebehandlung in lichtschwachen Kältekammern erfolgte, lag hier auch ein kurzzeitiger Lichtmangel vor, der aber offenbar wegen der relativ kurzen Behandlungsdauer ebenfalls von untergeordneter Bedeutung war. Die in der Tab. 2 dargestellten Kornerträge beziehen sich auf 12 Ähren/Gefäß. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um den Auswertungsfehler durch unterschiedliche Ährenzahlen/Gefäß auszuschließen. Unter Berücksichtigung dieser Daten hatte der in diesem Versuch induzierte Kältestress insgesamt keinen Einfluss auf den Kornertrag pro Gefäß.

Die Analyse der NISC-Hybriden ergab keine gesicherten Effekte des Restorergens auf die Ährenbekörnung. In der Tendenz war eine leichte Verbesserung der Fertilitätsmerkmale der einzelnen Ähre bei den Hybriden mit IRAN-IX-Restorern zu beobachten. Bedingt durch ein geringeres TKG verringerte sich hier jedoch der Kornertrag pro Gefäß um 5 %. Im Ergebnis der durchgeführten Varianzanalysen ergab sich hinsichtlich der Ährenfertilität keine gesicherte Wechselwirkung zwischen den gewählten Prüffaktoren.

Eine nennenswerte Infektion der Roggenähren mit *Claviceps purpurea* konnte in keinem der durchgeführten Gefäßversuche beobachtet werden. Aus diesem Befund lassen sich jedoch keine allgemeingültigen Schlüsse bezüglich des Abwehrmechanismus der IRAN-IX-Restorer gegenüber Mutterkorninfektion schließen, da der Infektionsdruck insgesamt sehr gering war. In anderen Untersuchungen hat sich jedoch

gezeigt, dass das höhere Pollenschüttungsvermögen der mit den neuen Restorern ausgestatteten Roggenhybriden zu einer wirksamen Abwehr des Mutterkornbefalls führen kann (WILDE et al. 2001). Befunde, die eine signifikant höhere Pollenbildung (größere Antherenlänge) der IRAN-IX-Restorer belegen, wurden auch in den bisherigen Versuchen der Autoren gefunden (GRÖLZ & HONERMEIER 2002). Die daraus gezogenen Schlüsse für die bessere Mutterkornabwehr gehen auf den bekannten Zusammenhang zurück, dass unbefruchtete Blüten einer stärkeren Infektionsgefahr durch Mutterkorn ausgesetzt sind (GEIGER & BAUSBACK 1979). Da bislang keine anderen aussichtsreichen zuchtmethodischen Ansätze (z. B. gentechnische Methoden) zur Abwehr von *Claviceps purpurea* bekannt sind, stellt die Implementierung von leistungsfähigeren Restorergenen (z. B. IRAN IX) in aktuelles Roggenzuchtmaterial auch zukünftig eine wirksame Maßnahme zur Verringerung des Mutterkornbefalls dar.

Literatur

Geiger, H.H. & G.A. Bausback, 1979: Untersuchungen über die Eignung pollensterilen Roggens zur parasitischen Mutterkornerzeugung, Z. Pflanzenzüchtung, 83, 163-175.

Grölz, H. & B. Honermeier, 2002: Untersuchungen zur Pollenbildung und zum Kornansatz von Hybriden des Winterroggens in Abhängigkeit vom Restorergen, Mitt. d. Gesellsch. F. Pflanzenbauwiss. 14, 44-45.

Wilde, P., Korzun, V., Menzel, J., & B. Schmiedchen, 2001: Restorerfrequenz, genetische Struktur der Prüfglieder und Prüfmethodik als befallsbeeinflussende Faktoren in Inokkulationsexperimenten, Mutterkorn-Workshop Bergen am 19. 1. 2001.

Die Autoren danken der Lochow-Petkus GmbH (Herrn Dr. Wilde) für die Bereitstellung des Zucht- und Samenmaterials.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 240–241 (2003)

Untersuchungen zur Wirkung der Fruchtfolge auf N-Düngungseffizienz und Backqualität beim Weizen (*Triticum aestivum* L.)

Bölükbas, R., Behle-Schalk, L. & B. Honermeier*

1. Einleitung

Fruchtfolgen besitzen einen nachhaltigen Einfluss auf die Fruchtbarkeit des Bodens und auf die Ertragshöhe der Kulturpflanzen (STEINBRENNER et al., 1990). Daneben wird vermutet, dass auch die Nährstoffausnutzung durch die Kulturpflanzen durch die Vorfrucht- bzw. Fruchtfolgewirkung beeinflusst werden kann. In einem seit 1983 laufenden Fruchtfolgeversuch in der Versuchstation Rauischholzhausen der Justus-Liebig-Universität Gießen wurde deshalb der Einfluss von Vorfrucht und Fruchtfolge auf die Effizienz der N-Düngung und auf die Backqualität der Indikatorfrucht Winterweizen im Jahr 2002 untersucht. Dabei wurden die Bestandes- und Ertragsbildung, N-Gehalte und –Entzüge sowie indirekte Parameter Backqualität (Proteingehalt, Sedimentationswert, Gluten-Index und Feuchtklebergehalt) ermittelt.

2. Material und Methoden

Der Standort Rauischholzhausen liegt nordöstlich von Gießen im Kreis Marburg – Biedenkopf auf einer Höhe von 220 m über NN. Bei der Versuchsfläche handelt es um eine Parabrauenerde mit 60-65 Bodenpunkten. Im langjährigen Mittel weist der Standort eine Niederschlagssumme von 600,9 mm und eine Lufttemperatur von 8,2 °C auf. Zwischen Oktober 2001 bis August 2002 fielen im Monatsmittel 64,9 mm Niederschlag bei einer mittleren Lufttemperatur von 9,6 °C.

Der Fruchtfolgeversuch wurde als dreifaktorielle Spaltanlage (6 Fruchtfolgen, 4 Fruchtarten, 3 N-Düngungsstufen) mit 3 Wiederholungen angelegt. Die Gestaltung der Fruchtfolge wird in die Tab. 1 dargestellt. Der ausgewertete Winterweizen, Sorte Flair, wurde in jeder Fruchtfolge in 3 Stufen (N0=0, N1= 40+40, N2=60+40+60 kg N/ha) mit Stickstoff (Kalkammonsalpeter) gedüngt. Im Versuch wurden als organische Düngung in den entsprechenden Varianten Stroh- und Gründünger (Sommerzwischenfrüchte) eingesetzt (s. Tab. 1).

Tab. 1: Die Gestaltung der Fruchtfolge im Fruchtfolgeversuch Rauischholzhausen

	Fruchtfolgen					
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**
1	WRo	WRo (+S+G)	WRa	ZR (+Bl)	AB (+S)	AB (+S)
2	**WW**	**WW**	**WW**	**WW**	**WW**	**WW**
3	WG	WG (+S+G)	WG (+S+G)	WG (+S+G)	WG (+S+G)	WG (+S+G)
4	Ha	Ha	Ha	Ha (+S+G)	Ha (+S+G)	Mais (+S)

Legende: WRo: Winterroggen, WW: Winterweizen, WG: Wintergerste, Ha: Hafer, ZR: Zuckerrüben, AB: Ackerbohnen, WRa: Winterraps

S= Strohdüngung: 50 dt/ha	+50 kg/ha N
G= Gründüngung (Raps)	+50 kg/ha N
S+G= Stroh- und Gründüngung	+75 kg/ha N
Gründüngung in Fruchtfolgen V+VI= Erbsen+Wicken	+30 kg/ha N

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, D-35390 Gießen; E-Mail: Bernd.Honermeier@agrar.uni-giessen.de

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Fruchtfolge (FF) und N-Düngung übten einen signifikanten Einfluss auf Kornertrag und N-Entzug sowie auf den Proteingehalt des Weizens aus. Im Mittel der N-Düngungsvarianten zeigten die Kornerträge des Winterweizens in den Fruchtfolgen 3, 4, 5 und 6 einen gesicherten Mehrertrag gegenüber den Weizenerträgen in den Getreidefruchtfolgen 1 und 2 (Tab.2). Der signifikante Mehrertrag in der FF 2 im Vergleich zur FF 1 von 5,1 dt/ha, ist auf die in FF 2 applizierte Stroh- und Gründüngung zurückzuführen. Die ermittelten Ertragsunterschiede der ungedüngten Varianten zwischen den Fruchtfolgen 3, 4, 5 und 6 von max. 7,3 dt/ha wurden durch N-Düngung (80 kg/ha N und 160 kg/ha N) weitgehend nivelliert. Die Stickstoffaufnahme durch das Korn konnte durch Erhöhung der N-Düngung nach Getreidevorfrucht in den FF 1 und 2 stärker beeinflusst werden als nach Blattvorfrüchten in den FF 3, 4, 5 und 6, wobei nach Vorfrucht Ackerbohne in den FF 5 und 6 der Effekt am geringsten war.

Tab. 2: Kornertrag, N-Entzug (Mittel der N-Varianten), Proteingehalt, Sedimentationswert und Feuchtglutengehalt (Mittel der N-Varianten) des Winterweizens im Fruchtfolgeversuch Rauischholzhausen 2002

Fruchtfolge	Kornerträge (dt/ha TM)	N-Entzüge (kg N/ha)	Proteingehalt (% der TM) (N x 6,25)			Sedimentationswert			Feuchtgluten (%)
			N0	N1	N2	N0	N1	N2	
FF 1	42,0	77,9	8,89	10,09	14,07	18,33	22,67	34,67	20,94
FF 2	47,1	95,3	9,95	11,60	15,10	20,50	27,50	35,00	23,39
FF 3	51,9	101,3	9,44	11,12	14,48	17,50	26,00	35,17	21,57
FF 4	53,3	103,9	9,60	12,25	14,38	20,33	25,83	35,17	21,21
FF 5	55,3	114,5	10,26	12,58	14,87	22,67	28,17	34,83	22,71
FF 6	52,6	109,9	10,39	12,17	15,29	21,17	27,33	36,17	22,95
$GD_{\%\,5}$	4,66	10,11	0,45			1,78			1,58

Hinsichtlich der Backqualität des Winterweizen, gemessen an den indirekten Qualitätsmerkmalen Proteingehalt und Sedimentationswert, waren die Fruchtfolgen 5 und 6 in der N0- und N1-Stufe den Vergleichsvarianten überlegen. Die Fruchtfolgen 2, 3 und 4 waren der FF 1 überlegen. Diese Überlegenheit ist auf unterschiedliche N-Nachlieferung durch die Vorfrüchte zurückzuführen und kann durch eine Erhöhung der N-Düngung zum Weizen deutlich reduziert bzw. weitestgehend ausgeglichen werden. Der Feuchtglutengehalt und Gluten-Index wurde dagegen kaum durch die Fruchtfolge beeinflusst. Die Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen konnten durch die N-Düngung nivelliert werden. Insgesamt ist festzustellen, dass die Vorfrucht Ackerbohne (FF 5 und 6) den Vorfrüchten Winterraps und Zuckerrübe (FF 3 und 4) bezüglich der Ertrags- und Qualitätseffekte auf den Weizen überlegen ist. Beim Vergleich der Fruchtfolgen 1 und 2 hat sich gezeigt, dass die organische Düngung (Stroh- und Gründüngung) den nachteiligen Effekte auf Ertrag und Qualität einer Getreidefruchtfolge nur verringern jedoch nicht ausgleichen kann.

4. Literatur

Steinbrenner, K., Kühn, G. und Obenauf, U., 1990: Einflüsse von Fruchtfolgen unterschiedlicher Anbaustrukturen und Bewirtschaftungsintensität auf den Ertrag. Arch. Acker- u. Pflanzenbau und Bodenkunde Berlin 34 (5), 347-352.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 242–243 (2003)

Entwicklung von Strategien für den ökologischen Anbau von Körnerleguminosen im Oberrheingebiet – Statuserfassung

D. Kauter, J. Poetsch, M. Schloen, B. Wolpert, W. Claupein *

Einleitung

Durch den ausschließlichen Einsatz ökologisch erzeugter Futtermittel in der ökologischen Tierhaltung spätestens ab 2005 und die Zunahme viehloser ökologischer Betriebe, steigt die Bedeutung von Körnerleguminosen. Ein 2003 begonnenes dreijähriges Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Rahmen des ITADA (Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique – Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen und umweltgerechten Landbewirtschaftung, Colmar) - Arbeitsprogrammes III hat zum Ziel, Anbaustrategien zur Verbesserung der Ertragssicherheit bei Körnerleguminosen im ökologischen Anbau in der Region Oberrhein zu entwickeln. Bearbeitet werden Soja (*Glycine max*), Weiße und Schmalblättrige Lupine (*Lupinus albus*, *L. angustifolius*), sowie Erbse (*Pisum sativum*) und Ackerbohne (*Vicia faba*). Das Projekt wird im Auftrag des Institutes für umweltgerechte Landbewirtschaftung (IfuL), Müllheim, gemeinsam mit Partnern aus dem Elsaß (OPABA) und der Schweiz (FAL Reckenholz) bearbeitet.

Ein ungelöstes Problem im ökologischen Anbau von Körnerleguminosen ist die Spätverunkrautung sowie die Nutzung der Stickstoffrückstände. In der Oberrheinregion bestehen wenig Anbauerfahrungen mit Lupinen; die Standorteignung verschiedener Sorten ist zu prüfen. Speziell im ökologischen Anbau ist die samenbürtige Anthraknose (*Colletotrichum lupini*) ein Problem.

Der von Hohenheim bearbeitete Projektteil verfolgt zwei Ansätze. Auf der Grundlage von Feldversuchen werden erfolgversprechende Anbaustrategien geprüft und weiterentwickelt sowie Sorten geprüft. Dies wird im ersten Jahr von einer Befragung von Anbauern und Praxiserhebungen begleitet, um die Hauptprobleme im Anbau zu identifizieren und die Feldversuche entsprechend auszurichten.

Material und Methoden

Schwerpunkte der Feldversuche südlich von Freiburg (Brsg.) im laufenden Jahr sind:

- Tastversuche zur Unkrautregulierung in Lupine und Soja, wobei früh schließende Bestände gegenüber einem späten Einsatz der Hacke bei entsprechend weiten Reihenabständen (30 bzw. 50 cm) getestet werden.
- Ein Sortenversuch bei Lupinen in dem zusätzlich die Wirksamkeit verschiedener nicht-chemischer Verfahren (Heißwasserbehandlung, Tillecur und Essigsäure) zur Saatgutbehandlung gegen Anthraknose geprüpft wird.

Da aus den Feldversuchen bislang nur unvollständige Ergebnisse vorliegen, werden Ergebnisse der Befragung vorgestellt. Die Praxiserhebungen auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben im deutschen Teil des Oberrheingebietes umfassen die abgeschlossenen Interviews auf der Grundlage vorbereiteter Fragebogen und die noch ausstehende Erhebung von Ertrag, Qualität und Verunkrautung bei der Ernte.

Ergebnisse und Diskussion

Es liegen Daten von neun Anbauern vor. Die Betriebsgrößen variieren von 13 bis 120 ha und die Schwerpunkte liegen im Marktfruchtbau. Aufgrund von Verträgen mit

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

einem regionalen Tofu-Hersteller beschränkt sich der Anbau von Körnerleguminosen weitgehend auf Soja, auf das sich die folgenden Ausführungen beziehen.

Der *Anteil von Soja an der Fruchtfolge* in den untersuchten Betrieben beträgt 20-50%, teilweise folgt Soja auf Soja. Von Seiten des Abnehmers ist weiterer Bedarf gegeben. Dieser hohe Anteil in der Fruchtfolge ist im Hinblick auf Fruchtfolgekrankheiten und den Unkrautdruck negativ zu beurteilen. Betriebe mit einem Sojaanteil von über 40% in der Fruchtfolge berichten von Sklerotinia-Befall. Die Verunkrautung wird dadurch erhöht, daß zu den Fruchtfolgen z.T. auch die Sommerungen Körnermais und Sommergetreide gehören.

Zur *Unkrautregulierung* erfolgt Pflugfurche nach Senf oder Ölrettich und eine intensive Saatbettbereitung mit drei bis vier Eggenstrichen. Die Aussaat erfolgt Ende April / Anfang Mai bei einer Saattiefe von 5–6 cm. Saatgut der Sorten ‚Dolly', ‚Quito', ‚Maximus' und ‚Optimus' und Rhizobien-Impfstoff werden über den Abnehmer bezogen. Die weitere Unkrautregulierung erfolgt durch Blindstriegeln und 4 maliges Hakken und Striegeln (in Gerätekombination oder im Wechsel). Auf eine ergänzende Handhacke kann oft nicht verzichtet werden. Es herrschen „wärmeliebende Maisunkräuter" (Melde, Amaranth, Hirse) und die im Ökologischen Landbau typischen „Wurzelunkräuter" (Quecke, Distel, Ampfer) vor. Als problematisch werden die Frühverunkrautung aufgrund der langsamen Jugendentwicklung von Soja sowie die Spätverunkrautung mit beginnendem Blattfall angesehen. Deshalb werden weite Reihenabstände von 40 bzw. 50 cm bei Saatdichten von 55 bis 88 keimfähigen Körnern m^{-2} gewählt, um noch spät (bis 30 cm Wuchshöhe, kombiniert mit leichtem Häufeln in der Reihe) den Bestand maschinell hacken zu können. Ein Betrieb wählt aus diesem Grund eine Reihenweite von 70 cm bei 35 keimfähigen Körner m^{-2}.

Ein weiteres Problem stellt *Trockenheit in der sensiblen Blüh- und Kornfüllungsphase* dar. Dazu tragen die häufige Sommertrockenheit und meist kiesige Unterböden bei. Auf der Hälfte der befragten Betriebe besteht die Möglichkeit den Bedarf über Bewässerungsgaben (ein bis fünf Gaben zu 30 mm) zu decken.

Durch die Befragung konnten Kernprobleme des ökologischen Körnerleguminosenanbaus im Oberrheingebiet identifiziert werden:

- Die gute Vermarktungssituation bei Soja verhindert einen bedeutenden Anbau anderer Körnerleguminosen und führt zu hohen Anteilen in der Fruchtfolge.
- Spätverunkrautung, vor allem in der Reihe. Praktikeransätze sind Häufeln, Einsatz der Fingerrollhacke oder Untersaaten.
- Probleme mit der Wasserversorgung in sensiblen Phasen. Praktikeransätze sind Bewässerung und reduzierte Bodenbearbeitung. Hier besteht jedoch ein Konflikt mit der Unkrautproblematik.

Ausblick

- Fortführung der Sortenversuche mit Lupine
- Fortführung der Versuche zur Unkrautregulierung in Soja und Lupine unter Einbeziehung sehr später Hacke, des Saattermins und von Untersaaten.
- Versuche mit Winterformen von Lupine, Erbse und Ackerbohne (Entschärfung der Problematik der Wasserversorgung).
- Laborversuche zur nicht-chemischen Bekämpfung der Anthraknose.
- Untersaaten zur Festlegung der Stickstoffrückstände.

Danksagung

Der Projektteil der Universität Hohenheim wird mit Mitteln aus dem Interreg III-Programm Oberrhein Mitte-Süd und des Landes Baden Württemberg gefördert.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 244–245 (2003)

Erträge im konventionellen und ökologischen Getreideanbau in Abhängigkeit von der Standortgüte

Michael Kelm und Friedhelm Taube*

Einleitung

Untersuchungen zu ökologischen Anbausystemen sind in Abhängigkeit der Standortfaktoren zu betrachten, welche das Verhältnis zwischen (i) ökologischen Belastungspotenzialen und Erträgen im ökologischen Landbau, und (ii) der Leistungsfähigkeit ökologischer Anbausysteme im Vergleich zum konventionellen Anbau beeinflussen. Beispielsweise konnten HANSEN *et al*. (2000) zeigen, dass die Nitratfrachten im ökologischen Ackerbau auf Sand- bzw. Lehmböden 46% bzw. 75% der Nitratfrachten im konventionellen Ackerbau betrugen, während die Getreideerträge im ökologischen Ackerbau relativ unabhängig von der Bodenart zwischen 63% und 70% der Erträge des konventionellen Vergleichssystems erreichten. Die Diskussion um die relative Umweltleistung des ökologischen Landbaus basiert im wesentlichen auf Punktbeobachtungen einzelner wissen-schaftlicher Untersuchungen oder Erhebungen auf einzelnen Praxisbetrieben. Allgemeingültige Aussagen sind daher nur schwer zu treffen. Kenntnisse über die Produktivität ökologischer Anbausysteme in Abhängigkeit von den Standortverhält-nissen können jedoch zumindest für eine Einordnung wertvoll sein.

Material und Methoden

In der vorliegenden Arbeit wurden die Ertragsrelationen zwischen konventioneller und ökologischer Landwirtschaft auf der Ebene einzelner Kulturarten anhand der Versuchsergebnisse der Landessortenversuche sämtlicher Landwirtschaftskammern und Landesanstalten/Landesämter für Landwirtschaft in Deutschland analysiert. Diese breite Datenbasis machte es möglich, den Einfluss der Bodengüte (ausgedrückt durch die Ackerzahl) über einen weiten Bereich zu prüfen. Es wurden in allen Fällen die Ertragsergebnisse des Grundsortiments verwendet. Um in erster Linie den Einfluss der Bodengüte zu prüfen, wurden von jedem verfügbaren Standort die Mittelwerte mehrerer Jahre herangezogen (mindestens 3 Jahre). Weitere Parameter wie Vorfrucht, Jahresniederschlag etc., die sich auf die Erträge auswirken, wurden erfasst, sind jedoch in der vorliegenden Darstellung nicht gesondert ausgewiesen. Die Erträge wurden in Abhängigkeit von der Ackerzahl funktional dargestellt (siehe Abb. 1).

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt, dass sowohl Winterweizen als auch Winterroggen, der geringere Ansprüche an Boden und Bestandesführung stellt, in einem weiten Bereich der Bodengüte (oberhalb von 40 Bodenpunkten) bei konventionellem Anbau keine weitere Ertragsreaktion auf die Bodengüte zeigt. Lediglich auf Standorten unter 40 BP liegen die Erträge im konventionellen Anbau unterhalb des Plateaus der Maximalerträge. Im Gegensatz dazu zeigen sowohl Winterweizen als auch Winterroggen im ökologischen Anbau annähernd linear ansteigende Erträge mit zunehmender Bodengüte.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Sowohl der absolute als auch der relative Ertragsrückgang im ökologischen Anbau fällt mit zunehmender Bodengüte für beide Kulturen geringer aus.

Diese beispielhaften Ergebnisse zeigen, dass die Produktivität in N-limitierten Systemen des ökologischen Ackerbaus weitaus stärker von den Standortbedingungen abhängig ist als im konventionellen Ackerbau. Die Kompensation sub-optimaler Bedingungen durch Düngung und Pflanzenschutz tragen dazu bei, dass die Maximalerträge im konventionellen Anbau bereits auf Böden mittlerer Güte erreicht werden. Im Gegensatz dazu ist im Futterbau (Grünland, Silomais) nur ein geringer Ertragsrückgang im ökologischen Landbau zu erwarten; des weiteren sind die Futtererträge weitaus weniger von der Bodenart abhängig (HALBERG & KRISTENSEN, 1997).

Die Bewertung der Umweltleistungen des ökologischen Landbaus sollte daher eine Abwägung zwischen Ertragsrückgang und direkten Umwelteffekten (z. B. Nitratauswaschung) darstellen. Die hier nur für den Getreideanbau dargestellten Relationen müssen des weiteren im Zusammenhang mit Betriebsausrichtung und Fruchtfolgegestaltung betrachtet werden.

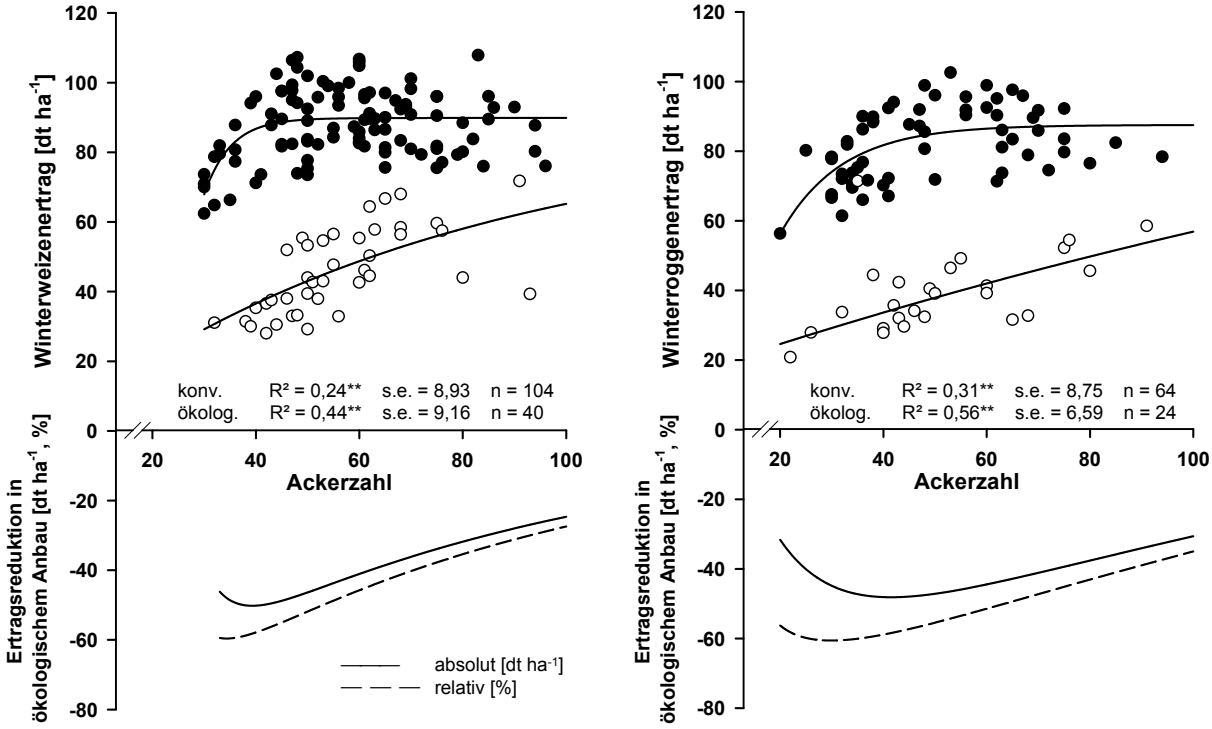


Abb. 1: Getreideerträge im konventionellen und ökologischen Anbau in Abhängigkeit von der Bodengüte (links: Winterweizen, rechts: Winterroggen), sowie absoluter und relativer Ertragsrückgang bei ökologischem gegenüber konventionellem Anbau. Datenbasis: Landessortenversuche der Landwirtschafts-kammern und Landesanstalten/Landesämter für Landwirtschaft (Mittelwerte eines Versuchsstandortes über mehrere Jahre)

Literatur

Halberg N. & Kristensen I. S. (1997) Expected crop yield loss when converting to organic farming in Denmark. *Biological Agriculture and Horticulture*, 14, 25-41

Hansen B., Kristensen E. S., Grant R., Høgh-Jensen H., Simmelsgaard S. E. & Olesen J. E. (2000) Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems – a systems modelling approach. *European Journal of Agronomy*, 13, 65-82

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 246–247 (2003)

Modellanalytische Bewertung von pflanzenbaulichen Bewirtschaftungsmaßnahmen aus dem ÖPUL–Programm bezüglich Ertragsverhalten und Grundwasserqualität im Marchfeld

P. Liebhard[1], E. Schmid[2], F. Sinabell[3] und H.-P. Kaul[1]

Einleitung

Ein wesentlicher Teil des *Österreichischen Programms zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft* (ÖPUL) ist so gestaltet, dass die Landwirte über den Anreiz von Prämien bestimmte Bewirtschaftungsmaßnahmen wählen. Dabei können sie über ein Menü von Maßnahmen einzelne Flächen oder den gesamten Betrieb in das Umweltprogramm einbringen. Die Messung der ökonomischen und umweltbezogenen Effekte dieser Maßnahmen erweist sich als schwierig und kostenintensiv. Häufig muss ein Effektebündel in Kombination mit diffusen Emissionen aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung untersucht werden, was eine Betrachtung auf höherer Aggregationsebene (z.B. Wassereinzugsgebiet) erfordert. Dabei können die standörtlichen Voraussetzungen und die betrieblichen Ausstattungen sehr vielfältig sein. Ein Weg, um ökonomische Effekte und Umweltauswirkungen von Politikmaßnahmen simultan abschätzen zu können, besteht in Modellberechnungen. Das stellt jedoch hohe Ansprüche an die Datengrundlage, die Analyseverfahren und die verwendeten Modelle. Der folgende Beitrag quantifiziert wirtschaftliche und umweltbezogene Auswirkungen von ausgewählten, grundwasserschonenden Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Region Marchfeld.

Material und Methoden

Die Ackerfläche in der Region Marchfeld beträgt 75.000 ha, wobei sich der Anbau aus ca. 60 % Getreide und 40 % Körnerleguminosen, Zuckerrübe, Kartoffel, Gemüse und Brache zusammensetzt. Die Region ist mit Hilfe der Clusteranalyse in ca. 4.300 statistisch abgeleitete Standorteinheiten (hydrologic response units; HRU) eingeteilt worden, die bezüglich Wetter, Boden, Topographie, Kulturart und Bewirtschaftung homogen sind. Der dafür notwendige Datenpool setzt sich aus folgenden Quellen zusammen: Österreichische Bodenkarte, lokale Tagesklimadaten, INVEKOS, Agrarstrukturerhebung, hydrographische Daten sowie Standarddeckungsbeiträge. Die Clusteranalyse ermöglicht zusammen mit den zehnjährigen Tagesklimadaten eine räumliche und zeitliche Repräsentation der Region. Basierend auf diesen Abgrenzungen werden von den vorliegenden Daten Informationen abgeleitet, um mit dem feldbezogenen Simulationsmodell EPIC (Environmental Policy Integrated Climate) mehrjährige Erträge, Sickerwassermengen und Stickstoffausträge zu simulieren. Diese feldspezifischen Simulationsergebnisse werden mit einem ökonomischen Verhaltensmodell (nicht lineare Programmierung) über die mehrjährigen repräsentativen Kulturartenverteilungen in den Teilregionen auf Regionsebene aggregiert. Somit können die Auswirkungen einzelner Maßnahmen einer Agrar-Umweltpolitik auf die regionale Nitratbelastung und die landwirtschaftliche Produzentenrente eindeutig und quantitativ bestimmt werden.

1 Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien
2 Institut für Wirtschaft, Politik und Recht, Universität für Bodenkultur Wien
3 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung Wien

Ergebnisse und Diskussion

Mittels Szenarienanalyse werden die regionalen wirtschaftlichen und umweltbezogenen Effekte von verschiedenen Bewirtschaftungsmaßnahmen (Reduktion von ertragsteigernden Betriebsmitteln, Zwischenfruchtanbau) analysiert und verglichen. Im Folgenden werden vier Szenarien beschrieben und die Ergebnisse von ausgewählten Indikatoren in Tab. 1 zusammengefasst.

Referenz: Dieses Szenario beschreibt die ÖPUL-Situation im Marchfeld im Jahr 1998.

Kein ÖPUL: Dieses Szenario beschreibt die Situation „was wäre, wenn ÖPUL nicht existieren würde".

Winterbegrünung: In diesem Szenario wird der Zwischenfruchtanbau mit der Winterbegrünung substituiert. Die Winterbegrünung erfolgt jedoch in jenem Ausmaß, welches aus fruchtfolgetechnischer Sicht machbar ist.

Mehr Brache: Dieses Szenario analysiert die Effekte bei Ausweitung der Bracheflächе von ursprünglich 8 % auf 12 % der Ackerfläche.

Tab. 1: Hauptergebnisse der ÖPUL-Szenarienanalyse für das Marchfeld

		Szenarien			
		Referenz	Kein ÖPUL	Winter-begrünung	Mehr Brache
ges. Deckungsbeitrag	Mill. €	64,11	59,16	63,89	63,08
Standardabweichung	Mill. €	4,97	5,07	5,04	4,78
ges. Ertrag	1.000 t	1.135,75	1.156,64	1.136,53	1.112,32
Standardabweichung	1.000 t	63,67	65,39	64,39	62,57
Nitratkonzentration im Sickerwasser	ppm	60,40	68,50	59,80	59,90
Standardabweichung	ppm	25,40	19,50	25,50	23,20
ges. Stickstofffracht	t	640,46	759,11	640,70	606,66
Standardabweichung	t	443,18	563,44	445,40	451,26
ges. Sickerwassermenge	Mill. m^3	4,70	4,91	4,74	4,49
Standardabweichung	Mill. m^3	3,78	3,75	3,78	3,70
ges. Bewässerungsmenge	Mill. m^3	3,17	3,04	3,17	2,94
ges. Stickstoffdüngung	1.000 t	7,07	7,57	7,07	6,82
ges. Prämien	Mill. €	7,81	0,73	7,81	7,81
ges. Adaptierungskosten	Mill. €	0,84	0,06	1,10	0,84

Die Ergebnisse zeigen, dass die Auswirkungen der ÖPUL-Maßnahmen die drei Programmziele (erhöhtes Einkommen, verbesserte Umwelt und Marktentlastung) positiv beeinflussen. Das landwirtschaftliche Einkommen ist um 8 % höher (Gesamtdeckungsbeitrag), die Nitratkonzentration im Sickerwasser sinkt um 12 % und der Gesamtertrag wird um 2 % reduziert. Somit kann dieser Modellverbund sowohl für die Evaluierung als auch für die Gestaltung von Umweltprogrammen eingesetzt werden.

Literatur

Hofreither, M.F., Eder, M., Feichtinger, F., Kniepert, M. Liebhard, P., Schmid, E., Salhofer, K., Sinabell, F., Streicher, G., 2000. *Modellanalyse von ökonomischen Instrumenten zum Grundwasserschutz im Zusammenhang mit dem ÖPUL-Programm.* WPR-Forschungsbericht OEPUL-GW-04f, Institut für Wirtschaft, Politik und Recht an der Universität für Bodenkultur Wien.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 248–249 (2003)

Energieeffizienz in der Hanf-Produktion

Gisa-Wilhelmine Rathke und W. Diepenbrock*

Einleitung

Energetische Betrachtungen werden zunehmend zur Abbildung ökologischer Effekte landwirtschaftlicher Produktionssysteme herangezogen. Dieser Aspekt ist nicht nur beim Vergleich unterschiedlicher Produktionssysteme landwirtschaftlicher Kulturarten von Interesse (gedüngt vs. ungedüngt, ökologisch vs. konventionell p.ex.), sondern auch im Rahmen der ökologischen Bewertung Nachwachsender Rohstoffe. Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchungen war die energetische Bewertung des Hanfanbaus als ein Abschnitt auf dem Lebensweg zur Bereitstellung von Pflanzenfasern als Substitut von Glasfasern in Spritzgießteilen.

Material und Methoden

Grundlage der Energiebilanzierung bilden einjährige Daten (Erntejahr 2001) eines Praxisbetriebes am Standort Altmark Salzwedel (N/NW Gardelegen). Der Standort ist charakterisiert durch eine Durchschnittstemperatur von 8,6° C und einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 520 mm. Der Boden ist als lehmiger Sand (lS) bis sandiger Lehm (sL) anzusprechen und weist 35–50 Bodenpunkte auf. Für die energetischen Berechnungen wurde eine durchschnittliche Schlaggröße von 10 ha zugrunde gelegt. Die innerbetriebliche Entfernung Hof – Schlag beträgt 3,5 km; die Entfernung vom landwirtschaftlichen Betrieb zum Faser-Verarbeiter wurde auf 15 km festgesetzt. Im Rahmen der Energiebilanz wurden folgende Arbeitsgänge beim Hanf-Anbau berücksichtigt: Stoppelbearbeitung mit Schwergrubber – Grundbodenbearbeitung mit Pflug und nachlaufenden Walzen – Saatbettbereitung und Aussaat mit Gerätekombination (40 kg Saatgut ha^{-1}) – mineralische Düngung (80 kg N ha^{-1}, 120 kg P_2O_5 ha^{-1}, 140 kg K_2O ha^{-1}, 140 kg CaO ha^{-1}) – Ernte (215 dt FM ha^{-1}, entsprechend 64 dt TM ha^{-1}) – Transport Strohballen (28 Stück ha^{-1}) zum Verarbeiter. Der direkte und indirekte Energieeinsatz wurden auf Basis der von Kalk und Hülsbergen (1999) beschriebenen Regressionsgleichungen abgeschätzt. Dabei werden Einflussfaktoren wie Bearbeitungstiefe, Applikationsmenge und Ertrag berücksichtigt. Die Kalkulation des indirekten Energieeinsatzes für die Herstellung und Instandhaltung von Maschinen und Geräten beruht auf dem Materialverbrauch bei Berücksichtigung praxisüblicher Einsatzzeiten und Abschreibungszeiträume. Es wurde ein Mittelwert von 108 MJ kg^{-1} Maschinenmasse zugrunde gelegt. Bei der Berechnung des Energieoutputs wurde ein mittlerer Heizwert von 1700 MJ dt^{-1} berücksichtigt. Zur Einschätzung der energetischen Effizienz wurden die Kennzahlen Energiegewinn (Netto-Energieoutput), Energieintensität sowie Output/Input-Verhältnis herangezogen. Bei der Berechnung der Energieintensität wurde davon ausgegangen, dass 1 dt Hanfstroh 0,5 Getreideeinheiten (GE) entspricht. Eine detaillierte Beschreibung der methodischen Grundlagen der Energiebilanzierung einschließlich der verwendeten Energieäquivalente ist Hülsbergen et al. (2001) zu entnehmen.

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Ludwig-Wucherer-Str. 2, D – 06108 Halle (Saale); rathke@landw.uni-halle.de

Ergebnisse und Diskussion

Der fossile Energieinput im Hanfanbau wurde maßgeblich durch den indirekten Energieeinsatz für die Betriebsmittel, hierbei insbesondere Mineraldünger, bestimmt. Der Anteil der mineralischen Stickstoffdüngung am gesamten fossilen Energieinput betrug 3,95 GJ ha^{-1}. Für die Phosphor- und Kali-Düngung wurden zusammen 3,20 GJ ha^{-1} benötigt, hinzu kamen 1,47 GJ ha^{-1} für die Kalkung. Der indirekte Energieinput für die Düngung belief sich somit auf 8,62 GJ ha^{-1}. Die Aufwendungen für das Saatgut waren mit 0,68 GJ ha^{-1} vergleichsweise unbedeutend. Hinzu kamen 1,75 GJ ha^{-1} für die im Hanfanbau eingesetzten Investitionsgüter, so dass sich insgesamt ein indirekter Energieinput in Höhe von 11,1 GJ ha^{-1} ergab. Der direkte Energieeinsatz war mit 4,45 GJ ha^{-1} am gesamten fossilen Energieinput des Hanfanbaus beteiligt. Seine Höhe wurde wesentlich durch die Arbeitsgänge Bodenbearbeitung mittels Schwergrubber und Pflug (1,28 GJ ha^{-1}), Saatbettbereitung in Kombination mit der Aussaat (0,64 GJ ha^{-1}) sowie Ernte einschl. Pressen (1,44 GJ ha^{-1}) bestimmt. Insgesamt waren unter den Bedingungen am Standort Altmark Salzwedel 15,5 GJ ha^{-1} für den Hanfanbau einschließlich Transport der Strohballen notwendig.

Unter den Praxisbedingungen wurde ein durchschnittlicher Ertrag von 215 dt ha^{-1} Frischmasse bzw. 64,0 dt ha^{-1} Röststroh realisiert. Bezogen auf das gewonnene Röststroh betrug der Energieoutput 109 GJ ha^{-1} bzw. der in Getreideeinheiten umgerechnete Naturalertrag 32,0 GE ha^{-1}. Ausgangsbasis für die zur Einschätzung der energetischen Effizienz herangezogenen Parameter sind der Energieinput und der Energieoutput bzw. der in Getreideeinheiten ausgewiesene Naturalertrag. Somit war der Hanfanbau in der Altmark 2001 durch einen Energiegewinn von 93,3 GJ ha^{-1} gekennzeichnet. Die Energieintensität belief sich auf 484 MJ GE^{-1} und das Output/Input-Verhältnis 7,02.

Den genannten energetischen Kenngrößen liegen unterschiedliche Ziele und Aussagebereiche zugrunde. Unter der Annahme, dass die landwirtschaftliche Fläche als limitierender Faktor für die Pflanzenproduktion gilt, wird der Energiegewinn als maßgeblicher Faktor herangezogen. Im Gegensatz dazu dienen die Energieintensität und das Output/Input-Verhältnis zur Quantifizierung der Produktionsintensität und der Umweltverträglichkeit des Anbausystems. In einem energetisch effizienten System werden sowohl beim Energiegewinn als auch beim Output/Input-Verhältnis hohe Werte angestrebt, während die Energieintensität möglichst gering sein sollte (Hülsbergen et al. 2001). Basierend auf den dargestellten Ergebnissen bleibt festzuhalten dass ein energetisch effizienter Hanf-Anbau zur Produktion von Pflanzenfasern möglich ist.

Anmerkung

Die Ergebnisse stammen aus dem durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt in Zusammenarbeit mit dem Sprengstoffwerk Gnaschwitz GmbH und der Firma Carl Pohl Textil- und Thermoplastherstellung Forst (Lausitz) geförderten Verbundvorhaben „Substitution von Glasfasern in Spritzgießteilen durch Pflanzenfasern – Aufbau einer technologischen Linie“.

Literatur

Kalk, W.-D., K.-J. Hülsbergen 1999: Dieselkraftstoffeinsatz in der Pflanzenproduktion. Landtechnik 54 (6), 332-333.

Hülsbergen , K.-J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.-W., Kalk, W.-D., Diepenbrock, W., 2001: A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. Agriculture, Ecosystems & Environment 86, 303-321.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 250–251 (2003)

Pflanzenbauliche Untersuchungen zur Ertragssicherung von HO-Sonnenblumen

Rühl, G., Dilci, B.*

Einleitung

Im Rahmen des vom BMVEL geförderten Modellvorhabens konnte die Anbaufläche von HO-Sonnenblumen in den Jahren 2000 und 2001 auf etwa 7000 – 8000 ha gesteigert werden. Im Jahr 2002 ging die Anbaufläche wieder deutlich zurück und auch für das laufende Jahr wird lediglich eine Fläche von 1500 – 2000 ha prognostiziert. Ein Grund für die Zurückhaltung der Landwirte ist die Ertragsunsicherheit beim Anbau dieser Pflanzenart. Auch wenn der Sonnenblume allgemein ein hohes potentielles Ertragsniveau attestiert wird, kommt es immer wieder in bestimmten Jahren regional zu deutlichen Ertragseinbrüchen, allerdings nicht zuletzt wegen pflanzenbaulicher Fehler durch die Landwirte, etwa eine zu frühe Aussaat. Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen war es zu prüfen, ob durch den Einsatz von Resistenzinduktoren und/oder der Flüssiginjektionsdüngung die Pflanzengesundheit von HO-Sonnenblumen, besonders im feuchten Herbst, verbessert und damit die Erträge stabilisiert werden können. Ein zweiter Versuchsansatz beschäftigte sich mit der Prüfung der Variabilität von Linien und Zuchtstämmen der Landessaatzucht Eckartsweier hinsichtlich des Merkmals „Keimbereitschaft bei Temperaturen unterhalb von 10 °C“.

Material und Methoden

Die Versuche wurden im Jahr 2002 am Standort Braunschweig (Versuchsgelände der FAL) in einer randomisierten Blockanlage in dreifacher Wiederholung durchgeführt. Verglichen wurden als Versuchsvarianten die Sprühapplikation des Pflanzenhilfsstoffes Bion (10, 125 und 250 ppm, appliziert zum Sternstadium und zur Vollblüte), die Flüssiginjektionsdüngung (48, 60 und 72 kg N/ha, Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung, appliziert bei einer Wuchshöhe von ca. 50 cm) sowie eine Kombination beider Anwendungen; allerdings wurde das Bion dazu bereits der Düngelösung beigemischt, musste also in diesen Varianten über die Wurzel und nicht wie üblich über das Blatt aufgenommen werden. Als Sorten wurden die „Aurasol“ (Monsanto) sowie die „Olsavil“ und PR64H61 (beide Pioneer Hibred) verglichen. Eine Bonitur des Befalls mit den Schaderregern *Sclerotinia sclerotiorum* und besonders *Botrytis cinerea* fand in ca. dreiwöchigen Intervallen statt. Die Keimfähigkeit der Linien und Zuchtstämme wurde in Anlehnung an die Empfehlungen der ISTA unter Verwendung eines temperaturgeregelten Keimschrankes in Sand geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Trotz der untypisch hohen Niederschläge im Versuchsjahr 2002 (mehr als 1000 mm/Jahr mit Spitzenwerten um 100 mm/pro Tag) traten nennenswerte phytosanitäre Probleme erst kurz vor der Reife auf, weshalb an dieser Stelle lediglich die Befallssituation kurz vor der Ernte präsentiert wird (Abb. 1). Von allen getesteten Versuchsvarianten konnte lediglich eine Sprühapplikation mit Bion zu einer – allerdings differenziert nach Sorten unterschiedlich ausgeprägten – Verbesserung der Parzellen hinsichtlich des Befalls mit *Sclerotinia sclerotiorum* und besonders *Botrytis cinerea*

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

führen. Die Sorte „Aurasol“ (Monsanto) zeigte dabei als einzige eine signifikant reduzierte Befallssituation und zwar interessanterweise unabhängig von der applizierten Bion-Menge und den beiden Applikationsterminen. Das ermutigt dazu, als Applikationstermin eine deutlich frühere Entwicklungsphase zu prüfen, in der ohne Anlage von Fahrgassen durch den Bestand gefahren werden kann. Eine Verbesserung, wenn auch statistisch nicht abzusichern, zeigte auch die Sorte PR64H61, während die generell wenig befallene späte Sorte Olsavil keine Reaktion auf eine Bion-Behandlung zeigte. Der Einsatz von Bion ist bereits an verschiedenen Pflanzenarten getestet worden, u.a. auch erfolgreich an Sonnenblumen zur Bekämpfung des pflanzlichen Parasiten *Orobanche cumana* (Sauerborn et al. 2002).

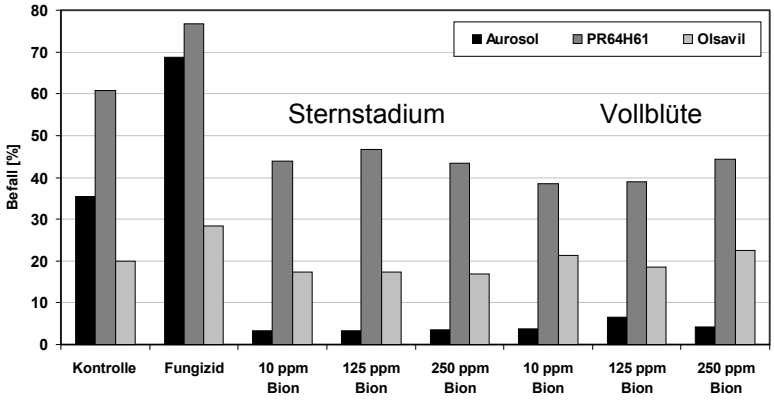


Abb. 1: Einfluss einer Bion-Sprühapplikation auf den Befallsgrad mit *Sclerotinia sclerotiorum* und *Botrytis cinerea*

Die Flüssiginjektionsdüngung wurde deshalb an Sonnenblumen getestet, da in der Literatur als Reaktion der Pflanzen auf eine vorwiegend Ammonium- und Amidstickstoff basierte N-Versorgung stets von gesünderen Beständen berichtet wird (Kücke 2003). Jedoch konnten alle Varianten der Flüssiginjektionsdüngung die Befallssituation nicht verbessern oder führten sogar zu einer signifikanten Verschlechterung des Gesundheitszustands der Bestände. Eine zusätzliche Versorgung der Pflanzen mit dem Pflanzenhilfsstoff Bion über die Wurzel direkt aus der Düngelösung zeigte auch keinerlei Effekt (Daten nicht gezeigt). Hier ist eine umfangreichere Prüfung unterschiedlicher N-Dünger, auch unter Zusatz von Nitrifikationshemmern, sowie der optimalen Bion-Menge in der Düngelösung erforderlich.

Die Überprüfung der Keimfähigkeit der zurzeit zugelassenen HO-Sonnenblumensorten zeigte auf, dass diese erst ab einer Bodentemperatur von 10°C zufrieden stellend keimen. Aus diesem Grunde wurde überprüft, ob im Zuchtmaterial der Saatzuchtanstalt Eckartsweier ausreichend Variabilität für eine züchterische Nutzung dieses Merkmals vorliegt. Die Ergebnisse zeigen, dass durchaus Linien und Zuchtstämme existieren, die bereits bei 8°C zügig keimen und somit zu Sorten führen könnten, die auch auf Grenzstandorten des Sonnenblumenanbaus in Deutschland frühzeitiger gedrillt werden könnten, gesetzt den Fall, dass sich eine ausreichend schnelle Jugendentwicklung anschließt.

Literatur

Sauerborn, J., Buschmann, H., Ghiasvand Ghiasi, K., Kogel, K.-H. 2002: Benzothiadiazole activates resistance in sunflower (*Helianthus annuus*) to the root-parasitic weed *Orobanche cumana*. Phytopathology 92, 59 – 64.

Kücke, M., 2003: Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN) “Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen”. Landbauforschung Völkenrode – FAL Agricultural Research Sonderheft 245.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 252–253 (2003)

Was ist die optimale Bestandesdichte für den Anbau von Körneramarant? – Effekte auf Ertrag und Morphologie –

Gunda Schulte auf'm Erley* und H.-P. Kaul+

Einleitung

Körneramarant wird als Nischenfrucht in Österreich auf einigen 100 ha kommerziell angebaut. Über grundlegende produktionstechnische Maßnahmen gibt es für Mitteleuropa nach wie vor widersprüchliche Angaben. Die Spanne der empfohlenen Bestandesdichten reicht von 8 bis 50 Pflanzen m^{-2}.

In einem Feldversuch wurde der Effekt von fünf Bestandesdichtestufen von 8 bis 140 Pflanzen m^{-2} auf Ertrag und Morphologie von drei Amarantsorten in Ostösterreich untersucht.

Material und Methoden

Auf der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf der Universität für Bodenkultur Wien wurde von Mai bis September 2002 ein Feldversuch mit den zwei Faktoren Amarant-Genotyp (Sorte Amar, zwei Zuchtstämme) und Pflanzendichte (8, 17, 35, 70, 140 Pflanzen m^{-2}) durchgeführt. Durch erhöhte Aussaatdichte und anschließende Handvereinzelung konnten die angestrebten Bestandesdichten mit im Mittel 7, 14, 32, 57 und 113 Pflanzen m^{-2} annähernd realisiert werden.

Erfasst wurden der Kornertrag nach Mähdrusch und Handernte sowie der Trokkenmasseertrag, die Verteilung der Trockenmasse auf die einzelnen Pflanzenorgane und grundlegende morphologische Parameter wie Blattfläche, Pflanzenhöhe, Stängeldicke, Verzweigung und Infloreszenzlänge.

Ergebnisse und Diskussion

Der Kornertrag wurde in überraschend geringem Maße von der Bestandesdichte beeinflusst. Der höchste Ertrag ergab sich bei der niedrigsten Bestandesdichte, wobei die Ertragsreduktion der höchsten Bestandesdichte bei Handernte lediglich 26 % betrug (Tab. 1). Dabei war die Gesamttrockenmassebildung bei allen angelegten Bestandesdichtestufen etwa gleich hoch. Der Harvestindex nahm mit steigender Bestandesdichte ab. Nach Mähdrusch waren keine Ertragsunterschiede zwischen den Bestandesdichtestufen mehr zu erkennen, da bei den geringeren Bestandesdichten die Druschverluste im Vergleich zur Handernte signifikant höher waren.

Morphologisch erwies sich die Art als sehr anpassungsfähig. Bei allen Bestandesdichten wurde ein ähnlich hoher Blattflächenindex erreicht (Tab. 2). Die starke Verzweigung und die großen Fruchtstände bei der niedrigsten Bestandesdichte scheinen allerdings zu den hohen Druschverlusten bei maschineller Ernte geführt zu haben.

* Universität Hannover, Institut für Pflanzenernährung
+ Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Tab. 1: Einflüsse der Bestandesdichte auf den Ertrag gemittelt über die untersuchten Genotypen

Bestandes-dichte	Kornertrag Handernte	Kornertrag Drusch	Drusch-verluste	Gesamt-Trocken-masse	Harvest-index
(Pfl. m^{-2})	(g m^{-2})	(g m^{-2})	(g m^{-2})	(g m^{-2})	-
8	253 a[§]	173 a	80 a	767 a	0,335 a
17	249 a	204 a	45 ab	798 a	0,326 a
35	228 ab	200 a	28 b	804 a	0,290 b
70	208 ab	199 a	9 b	761 a	0,286 b
140	187 b	183 a	4 b	733 a	0,258 b

[§] Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Student-Newman-Keuls-Test)

Tab. 2: Einflüsse der Bestandesdichte auf den Blattflächenindex (BFI) und verschiedene morphologische Parameter gemittelt über die untersuchten Genotypen

Bestandes-dichte	BFI zur Blüte	Pflanzen-höhe	Länge der In-floreszenz	Stängel-dicke	Zahl Ver-zweigungen
(Pfl. m^{-2})	(m^2 m^{-2})	(cm)	(cm)	(mm)	(Pfl.$^{-1}$)
8	3,64 a[§]	121 a	51 a	17 a	11 a
17	3,70 a	115 b	46 b	14 b	9 b
35	4,00 a	108 c	37 c	10 c	5 c
70	3,89 a	96 d	32 d	8 d	3 d
140	4,13 a	78 e	25 e	6 e	3 d

[§] Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Student-Newman-Keuls-Test)

Thesen, nach denen Amarant auch bei hohen Bestandesdichten noch einen guten Kornertrag erreicht, weil hier eine bessere Umverteilung von Assimilaten in die Körner stattfinden soll (GUILLEN-PORTAL et al., 1999), ließen sich nicht bestätigen. Die Umverteilung von Trockenmasse aus den Stängeln in die Körner zwischen Blüte und Reife war im Gegenteil bei den geringen Bestandesdichten größer als bei den hohen (Daten nicht gezeigt).

Fazit

Für die Praxis scheint eine mittlere Bestandesdichte am günstigsten zu sein. Zwar wird das Ertragsoptimum bereits bei einer geringen Bestandesdichte erreicht, die maschinelle Ernte wird hier aber durch starke Verzweigung und große Infloreszenzen deutlich erschwert.

Literatur

Guillen-Portal, F.R., D.D. Baltensperger und L.A. Nelson, 1999: Plant population influence on yield and agronomic traits in 'plainsman' grain amaranth. In: Janick, J. (Hrsg.): *Perspectives on new crops and new uses* S. 190-193. Alexandria, VA: ASHS Press.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 254–255 (2003)

Einfluss unterschiedlicher Bodennutzung auf Eigenschaften des Bodens sowie Erträge und N-Gehalte von Getreide – Ergebnisse des Fruchtfolge-Dauerversuches Gießen

Weinhausen, J.*, Leithold, G. ** & B. Honermeier **

Einleitung

Berichtet wird über den Gießener Dauerfeldversuch zur „Biologischen Stickstofffixierung“ (BSG), der im Jahr 1982 in der VS Gießen von JAHN-DEESBACH angelegt wurde. Das Ziel dieses Versuches bestand darin, die Auswirkungen der Brachlegung des Bodens (Schwarzbrache vs. Begrünung mit Klee) im Vergleich mit unterschiedlichen Fruchtfolgen (bestehend aus 100 % Getreide bzw. aus 25 % Leguminosen + 75 % Getreide) zu analysieren.

Material und Methoden

Der Versuch enthält die Prüffaktoren: A – Vorfrucht (5 Stufen) und B – NPK-Düngung (4 Stufen, nur zu den Getreide-Nachfrüchten) mit 4 Wiederholungen (Parzellegröße: 42 m^2 zur Ernte). Die Struktur der Fruchtfolge (FF) dieses Versuches ist in der Tab. 1 dargestellt. Die Getreidearten werden mit 4 Düngungsstufen (1 = ohne NPK, 2 = ohne N, mit PK nach Entzug, 3 = 90 kg/ha N zum WW, 80 kg/ha N zum WR, 60 kg/ha N zur SG, 4 = 180 kg/ha N zum WW, 120 kg/ha N zum WR und 90 kg/ha N zur SG) behandelt.

Tab. 1: Kennzeichnung der Fruchtfolgeglieder im Dauerversuch „BSG“, Versuchsstation Gießen, 5. Rotation 1998–2001

1	1998	Schwarz-brache	Grünbrache (Kleemulch)	Acker-bohne	Hafer	Körner-mais
		SB	GB	AB	Ha	Mais
Nachfrüchte						
2	1999	Winterweizen (WW)				
3	2000	Winterroggen (WR)				
4	2001	Sommergerste (SG)				

Die PK-Düngung erfolgte in den Stufen 3 und 4 mit 90 kg/ha P_2O_5 und 120 kg/ha K_2O einheitlich. Vom Anlagejahr 1982 bis zum Versuchsjahr 2001 hat der Versuch bislang 5 Rotationen durchlaufen. Der Boden des Versuches ist wie folgt zu kennzeichnen: brauner Aueboden (allochtone Vega), Ton: 29 – 31 %, FK (0 – 100 cm) = 325 mm, nutzbare FK: 123 mm, pH-Wert: 6,0 – 6,4. Vom Boden (0-30 cm) wurden im Frühjahr 2003 die Nt- und Ct-Gehalte nach der Methode von DUMAS mit dem CN-Analyzer bestimmt (Mischproben aus 10 Einstichen/Parzelle). Die Analyse der N-Gehalte der Pflanzen erfolgte ebenfalls mittels Pyrolyse-GC.

Ergebnisse und Diskussion

Nach 20jähriger Bodennutzung besitzt der Oberboden in der FF mit einem Anteil von 25 % GB (Alexandrinerklee gemulcht) bzw. 25 % AB einen um etwa 0,1 % erhöhten

* Frankfurter Strasse 2, 34582 Borken-Kerstenhausen, e-mail: j.weinhausen@kws.de,
** Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen

Ct-Gehalt. Auch der N-Pool (Nt-Gehalte) ist in diesen Varianten erhöht. Die Ct- und Nt-Werte der SB sind dagegen deutlich reduziert und befinden sich auf einem ähnlichen Niveau wie die Werte der Hafer- und Körnermais-FF. Die unterschiedliche Bodennutzung hat damit in einem kürzeren Zeitraum zu bodenökologischen Effekten geführt als von MERBACH et al. (2000) prognostiziert, wonach derartige Effekte erst frühestens nach 30 Jahren messbar sind. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Düngung auf die Ct- und Nt-Gehalte des Bodens waren dagegen bislang gering.

Die Vorfrucht- bzw. FF-Effekte zeigen während der 4. Rotation eine deutliche Überlegenheit und eine über 3 Jahre anhaltende Wirkung der GB. Nach der GB folgen in der Ertragsrangfolge, gemessen an den Erträgen der ersten Nachfrucht (WW), die AB und die SB. Die positiven Ertragseffekte der SB auf die Nachfrucht WW werden auf die höhere N-Bereitstellung aus dem Boden infolge der Mineralisierungsprozesse zurückgeführt, die durch das mechanische Bearbeiten des Versuchsbodens hervorgerufen wurden. In der zweiten und dritten Nachfrucht wiesen SB und AB keine positiven Ertragseffekte mehr auf.

Tab. 2: Vorfrucht- und Fruchtfolgeeffekte in der 4. und 5. Rotation des Dauerversuches „BSG“, Versuchsstation Gießen, (dargestellt sind die Kornerträge in dt/ha im Mittel über die Düngungsstufen)

Rotation/Nachfrüchte	Vorfrüchte/Bodennutzung				
	Schwarz-brache (SB)	Grün-Brache (GB)	Acker-bohne (AB)	Hafer	Körner-mais
4. Rotation 1994 – 1997					
Weizen (1995)	52,3	57,8	50,7	43,4	42,2
Roggen (1996)	45,2	53,2	49,3	48,2	47,5
So.-Gerste (1997)	46,1	59,3	52,0	47,4	48,4
5. Rotation 1998 – 2001					
Weizen (1999)	45,1	53,9	47,1	32,4	34,8
Roggen (2000)	17,7	20,8	18,7	18,7	20,4
So.-Gerste (2001)	18,2	15,8	16,4	19,0	17,5

In der 5. Rotation zeigte sich ein verändertes Bild. Hier waren deutliche Vorfruchtwirkungen von GB, AB und SB auf den nachfolgenden WW zu beobachten. Die reinen Getreidefruchtfolgen (Hafer, Körnermais) fielen deutlich stärker ab als in der vorhergehenden Rotation. Die N-Gehalte des WW waren nach GB und SB höher als nach Hafer und Mais. An Hand der N-Gehalte sind an der 2. und 3. Nachfrucht keine Vorfrucht- oder FF-Effekte mehr erkennbar.

Insgesamt bestätigen die vorgestellten Befunde, die positiven Ertragseffekte der Leguminosen (AB, einjähr. Klee gemulcht) auf die Nachfrucht WW. Kö.-mais und Hafer werden in ihrer Vorfruchtwirkung als identisch eingeschätzt. Die einjährige GB mit Klee (gemulcht) in einer 4feldrigen FF kann zu einer nachhaltigen Veränderung der Bodeneigenschaften (Ct, Nt) und zu positiven Ertragseffekten bei allen nachfolgenden FF-Gliedern führen.

Literatur

Merbach, W., Garz, J., Schliephake, W., Stumpe, H. & L. Schmidt, 2000: The long-term fertilization experiments in Halle (Saale), Germany – Introduction and survey, J. Nutr. Soil Sci. 163, 629-638.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 256–257 (2003)

Korngutqualität von Amarant in Abhängigkeit von Genotyp und Bestandesdichte

Andrea Zetter*, Gunda Schulte auf'm Erley*, E. Berghofer+ und H.-P. Kaul*

Einleitung

Körneramarant wird als Nischenfrucht in Österreich auf einigen 100 ha kommerziell angebaut. Es gibt eine zugelassene Sorte sowie viel versprechende Zuchtstämme. Grundlegende produktionstechnische Maßnahmen sind für Mitteleuropa aber nach wie vor ungeklärt. So reicht die Spanne der empfohlenen Bestandesdichten von 8 bis 50 Pflanzen m^{-2}.

In einem Feldversuch wurde der Effekt von fünf deutlich abgestuften Bestandesdichtestufen auf eine zugelassene Amarantsorte sowie zwei Zuchtstämme in Ostösterreich untersucht. Der Beitrag behandelt die Ergebnisse zu Merkmalen der physikalischen, chemischen und biologischen Korngutqualität. Über Ertragsergebnisse berichten SCHULTE AUF'M ERLEY & KAUL (2003).

Material und Methoden

Auf der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf der Universität für Bodenkultur Wien wurde im April 2002 ein Feldversuch mit den zwei Faktoren Amarant-Genotyp (Sorte Amar, zwei Zuchtstämme) und Pflanzendichte (8, 17, 35, 70, 140 Pflanzen m^{-2}) angelegt. Durch erhöhte Aussaatdichte und anschließende Handvereinzelung konnten die angestrebten Bestandesdichten mit im Mittel 7, 14, 32, 57 und 113 Pflanzen m^{-2} annähernd realisiert werden.

Nach dem Drusch wurde das Kornmaterial getrocknet und auf seine Qualität untersucht. Unter Verwendung von Standardmethoden wurden hierbei die TKM (von 1000 Samen), die Gehalte an Rohprotein (Elementar-N x 6,25), Rohfett (Soxhlet), Rohfaser (Fibercap), Asche (Muffelofen, 900 °C) und Kohlenhydraten (berechnete Differenz zur Gesamt-Trockenmasse) sowie die aerobe Gesamtkeimzahl (Plattenguss-Verfahren) und die Keimfähigkeit (200 Samen, Petrischalen, 30 °C) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bestandesdichte übte unter den gegebenen Bedingungen keinen nachweisbaren Einfluss auf die untersuchten Merkmale der Korngutqualität aus. Erwartet wurde, dass die realisierten deutlichen Unterschiede in der Bestandesdichte, die zu einer starken Differenzierung der Infloreszenzgröße führten (SCHULTE AUF'M ERLEY & KAUL 2003), den Abreifeprozess und damit insbesondere die biologischen Korngutеigenschaften beeinflussen würden.

Dagegen unterschieden sich die Genotypen hinsichtlich der Korngutqualität in den meisten Merkmalen nachweisbar (Tab. 1). Der Stamm 1 wies mit fast 1 g eine deutlich höhere TKM auf als die beiden anderen Genotypen. Diese Großkörnigkeit beruht vermutlich wesentlich auf einem vergrößerten Perisperm. Dafür spricht der relativ hohe Gehalt an Kohlehydraten von Stamm 1. Die wertvolleren Inhaltsstoffe der Rohprotein- und Rohfettfraktionen waren in der Folge relativ vermindert. Der Stamm 2 erreichte mit 18,9 % einen sehr hohen Rohproteingehalt. Auch im Rohfett übertraf er

* Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
+ Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Lebensmitteltechnologie

den Stamm 1. Die Sorte Amar besaß jedoch mit 8,58 % Rohfett den höchsten Gehalt der drei Genotypen.

Tab. 1: Einflüsse des Genotyps auf die TKM, die chemische Korngut-Zusammensetzung sowie biologische Kornguteigenschaften

Merkmal	Genotyp			$GD_{0,05}$
	Amar	Stamm 1	Stamm 2	
TKM (g)	0,66	0,96	0,63	0,06
Kohlenhydrate (%)	68,3	70,9	66,3	2,4
Rohprotein (%)	16,2	15,8	18,9	1,7
Rohfett (%)	8,58	6,22	7,27	0,55
Rohfaser (%)	3,91	3,89	4,36	n.s.
Asche (%)	3,04	3,16	3,24	0,01
Keimzahl (x 10^6 g^{-1})	101,2 a	11,0 b	5,4 b	§
Keimfähigkeit	$	65,7	26,6	20,5

§ ANOVA mit log-transformierten Daten, Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht.
$ cv. Amar wegen sehr geringer Keimfähigkeit (< 2 %) nicht einbezogen.

Die biologischen Kornguteigenschaften reflektieren die ungünstigen Witterungsbedingungen des Erntejahres 2002 mit hohen Niederschlägen im August. Das Erntegut war sehr feucht, und die Trocknung gelang nicht optimal. In der Folge ging die Keimfähigkeit verloren, und die aerobe Gesamtkeimzahl erreichte bei Amar mit 10^8 Keimen g^{-1} ein Niveau, das lebensmittelrechtliche Richtwerte weit übersteigt. Die Getreide-Hygieneverordnung nennt einen Richtwert von 10^6 Keimen g^{-1} als Grenze für Produkte, die roh verzehrt werden (BAUMGART 2002). Die biologische Qualität war bei den beiden Stämmen besser, aber immer noch bezüglich der Keimzahl bedenklich hoch und in der Keimfähigkeit unbefriedigend. Möglicherweise wirkten sich ihre lockereren Infloreszenzen und ihre kürzere Abreifedauer im Vergleich zu Amar günstig aus.

Fazit

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die neuen Zuchtstämme qualitativ die zugelassene Sorte Amar teilweise übertreffen. Überraschend war, dass sich trotz der feuchten Abreifebedingungen kein Einfluss der Bestandesdichte auf die Keimbelastung des Erntegutes feststellen ließ. Die Trocknung des Materials nach der Ernte bedarf besonderer Sorgfalt, um hohe Keimzahlen und schlechte Saatguteignung zu vermeiden.

Literatur

Baumgart, J. (2002): Mikrobiologische Untersuchungen von Lebensmitteln. Behr, Hamburg.
Schulte auf'm Erley, G. & H.-P. Kaul (2003): Was ist die optimale Bestandesdichte für den Anbau von Körneramarant? – Effekte auf Ertrag und Morphologie -. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14 (dieser Band).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 258–259 (2003)

Ertrag und Qualität von Zuckerrüben im Vegetationsverlauf – Interaktion von Sorte und Erntetermin

D. Bloch & C. Hoffmann*

Einleitung

Bei Zuckerrüben steigen im Vegetationsverlauf Rübenertrag und Zuckergehalt, während die Gehalte an Melassebildnern in der Regel abnehmen (Kenter & Hoffmann 2002). In der landwirtschaftlichen Praxis erfolgt häufig eine Sortenempfehlung angepasst an den vorgesehenen Erntetermin. Dies impliziert, dass man je nach Sortentyp von unterschiedlichen Wachstumsraten gegen Ende der Vegetationsperiode ausgeht. Wissenschaftliche Erkenntnisse zu Interaktionen zwischen Sorte und Erntetermin sind aber nicht eindeutig (Lauer 1994, Kerr 2000). Ziel des Projektes war es, anhand eines heterogenen Sortenmaterials zu prüfen, ob eine Berücksichtigung des Erntezeitpunktes bei der Sortenwahl notwendig ist.

Material und Methoden

In 2002 wurden an fünf Standorten vier verschiedene Zuckerrübengenotypen in Blockanlagen mit vierfacher Wiederholung getestet. Bezüglich der Ertrags- und Qualitätsmerkmale variieren diese Sorten deutlich. In vierwöchigem Rhythmus von Juli bis Oktober wurden Handernten durchgeführt. Es erfolgte die Bestimmung des Rübenertrages sowie die Qualitätsanalyse. Für die Daten der beiden letzten, praxisrelevanten Erntetermine wurde eine Varianzanalyse durchgeführt, um den Einfluß von Sorte, Standort und Erntetermin sowie die Interaktionen zwischen den genannten Faktoren zu bestimmen. *** kennzeichnet Signifikanz bei p=0.001.

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen Sorte und Standort war keine Wechselwirkung vorhanden, daher werden exemplarisch die Daten aus Parensen (LK Göttingen) gezeigt.

Das Wachstum des Rübenkörpers verlief bei allen Sorten ähnlich (Abb.1). Bis 170 Tage nach Saat stiegen die Rübenerträge nahezu linear an, danach erfolgte ein leichter Rückgang im Zuwachs pro Zeiteinheit. Bereits zum Zeitpunkt der ersten Ernte im Juli waren Unterschiede zwischen den Sorten vorhanden, die bis zur Endernte bestehen blieben.

Die Zuckergehalte stiegen über den gesamten Versuchszeitraum kontinuierlich an (Abb.2). Dabei entwickelten sich die Zuckergehalte bei allen Sorten nahezu parallel, es gab keine Sorte, die im Herbst einen überproportional starken Anstieg im Zuckergehalt aufwies.

Schließlich zeigte auch der Bereinigte Zuckerertrag (Abb.3) als entscheidendes Kriterium der Sortenleistung keine Interaktion zwischen Sorte und Standort.

Die dargestellten Ergebnisse weisen erneut auf die Bedeutung der Pflanzenentwicklung in früheren Wachstumsstadien hin. Ein einmal aufgetretener Wachstumsrückstand lässt sich bei vergleichbaren Wachstumsraten verschiedener Sorten im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode nicht mehr aufholen. Umgekehrt wird eine Sorte, die bis September den meisten Zucker in der Rübe gespeichert hat, auch bei später Ernte die höchsten Zuckergehalte aufweisen. Demnach verdeutlichen die vor-

*Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstrasse 77, 37079 Göttingen

liegenden Ergebnisse, dass es grundsätzlich nicht notwendig ist, die Sortenentscheidung bei Zuckerrüben an den Liefertermin anzupassen.

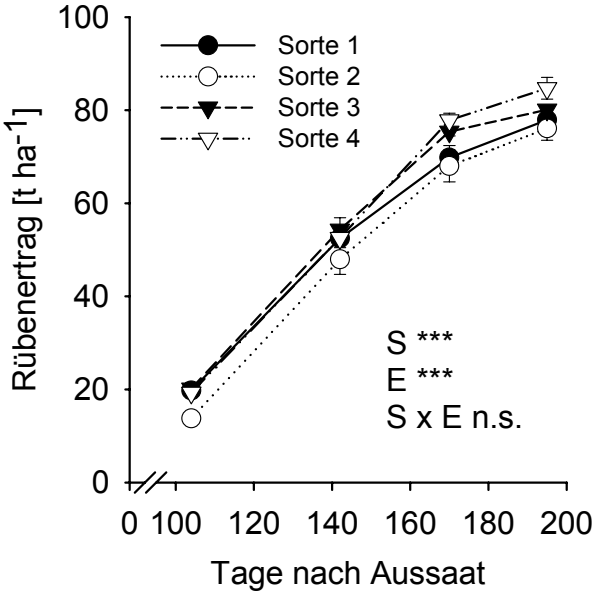


Abb. 1: Entwicklung des Rübenertrages von vier Zuckerrübengenotypen (Parensen, 2002)

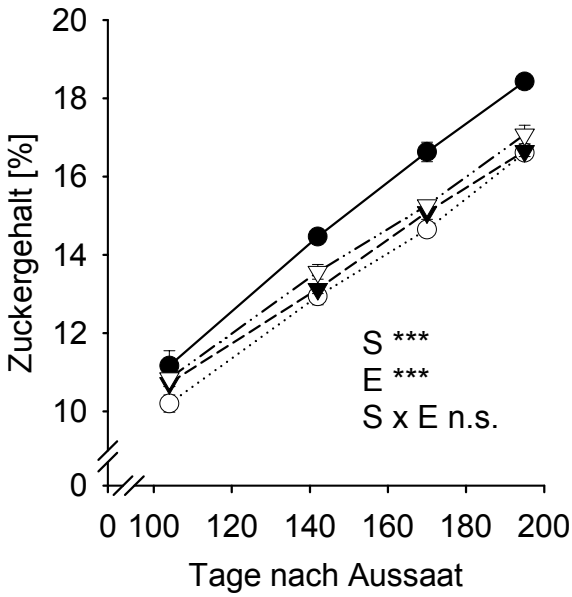


Abb. 2: Entwicklung des Zuckergehaltes von vier Zuckerrübengenotypen (Parensen, 2002)

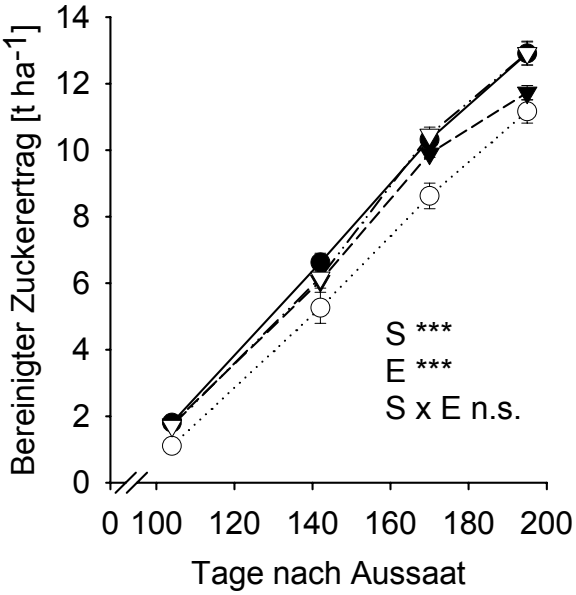


Abb. 3: Entwicklung des Bereinigten Zuckerertrages von vier Zuckerrübengenotypen (Parensen, 2002)

Literatur

Kenter C. & Hoffmann C. 2002: Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Zuckerrüben in Abhängigkeit von Temperatur und Wasserversorgung. Zuckerindustrie 127, 690-698.

Kerr S. 2000: Variety interactions with sowing, soils and harvest. British Sugar Beet Review 68: 18-21

Lauer J.G. 1994: Early harvest of sugarbeet: Yield and quality response to irrigation, cultivar and nitrogen. Journal of Sugar Beet Research 31: 117-133

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 260–261 (2003)

Einfluss der Saatzeit auf Wurzelwachstum, Ertragsstruktur und Kornqualität bei Winterweizen

M. Dressler[1], B. Hofmann[1], K. Warnstorff[2], W. Diepenbrock[1]

Einleitung

Mit steigendem Anbauumfang bei Getreide treten zunehmend Arbeitsspitzen während der Winterweizenbestellung auf, die zur Vorverlegung der Saattermine in den September führen. Über die Auswirkungen von sehr frühen Saaten auf die Pflanzenentwicklung liegen für das mitteldeutsche Trockengebiet bisher nur wenige Erfahrungen vor (Hartmann 2001). In vorliegender Arbeit sollen deshalb Ergebnisse zum Einfluss von Frühsaaten in der ersten Septemberdekade auf Durchwurzelung, Ertragsstrukturmerkmale und Kornqualität bei Winterweizen mitgeteilt werden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen (Großflächenexperiment mit inneren Wiederholungen) wurden 2001/02 im Lehr-und Versuchsgut Görzig (Sitz Pfaffendorf) der Martin-Luther-Universität durchgeführt. Der Standort (Bodentyp Norm-Schwarzerde aus Löß, Bodenart schluffiger Lehm, mittlere Jahresniederschläge 460 mm, mittlere Jahrestemperatur 9.0 °C) liegt im Sandlößgürtel von Sachsen-Anhalt (Köthener Tiefebene). Folgende Varianten wurden in die Untersuchungen mit der Winterweizen-Sorte Kontrast (Beizung des Saatgutes) einbezogen:

1. Frühsaat (07.09.01) - 200 keimfähige Körner/m^2 (kKö/m^2),
2. Frühsaat (19.09.01) - 200 und 350 kKö/m^2 und
   Normalsaat (19.10.01) - 200 und 350 kKö/m^2.

Die Varianzanalyse und der anschließende Mittelwertvergleich (Tukey-Test) bezügl. der Ertragsmerkmale wurden mit SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) durchgeführt. Die Durchwurzelungstiefe wurde mit der Minirhizotronmethode ermittelt. Zur Beschreibung der zeitabhängigen Tiefendurchwurzelung wurden nichtlineare Wachstumsfunktionen (Tangenshyperbolicus) geschätzt (Warnstorff und Dörfel 1999).

Ergebnisse

Die Saatzeiten wirkten sich wesentlich auf den Wurzeltiefgang vor Winterbeginn (Abb.1) und die Konservierung des gelösten Bodenstickstoffs aus.

Eine mittlere Durchwurzelungstiefe von 60 cm wurde bei der 1. Frühsaat bereits Mitte Oktober, der 2. Frühsaat Ende Oktober und bei der Normalsaat erst Anfang März festgestellt. Saatdichten von 350 kKö/m^2 verursachten gegenüber 200 kKö/m^2 eine geringfügig verminderte Durchwurzelungstiefe. Der Zeitpunkt des stärksten Wurzeltiefenwachstums lag bei den Frühsaaten (7.9. bzw. 19.9.) am 20. Tag bzw. etwa am 30. Tag und bei Saat am 19.10. zwischen 115 und 125 Tagen nach der Aussaat.

Der Bestockungskoeffizient hing wesentlich von der Saatdichte ab. Die Auswirkungen des Saattermins waren hierbei minimal. Im Vergleich zur Normalsaat brachten die Septembersaaten höhere Ährenzahlen und Erträge sowie eine geringere Tau-

[1] Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str.2, 06108 Halle/Saale
[2] AG Biometrie und Agrarinformatik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle/Saale

sendkornmasse (Tab.1). Saatdichten von 200 kKö/m^2 waren dabei 350 kKö/m^2 sowohl bei der September- als auch Oktobersaat eindeutig im Ertrag überlegen. Mit zunehmender Vegetationsdauer stiegen Rohproteingehalt und Sedimentation an.

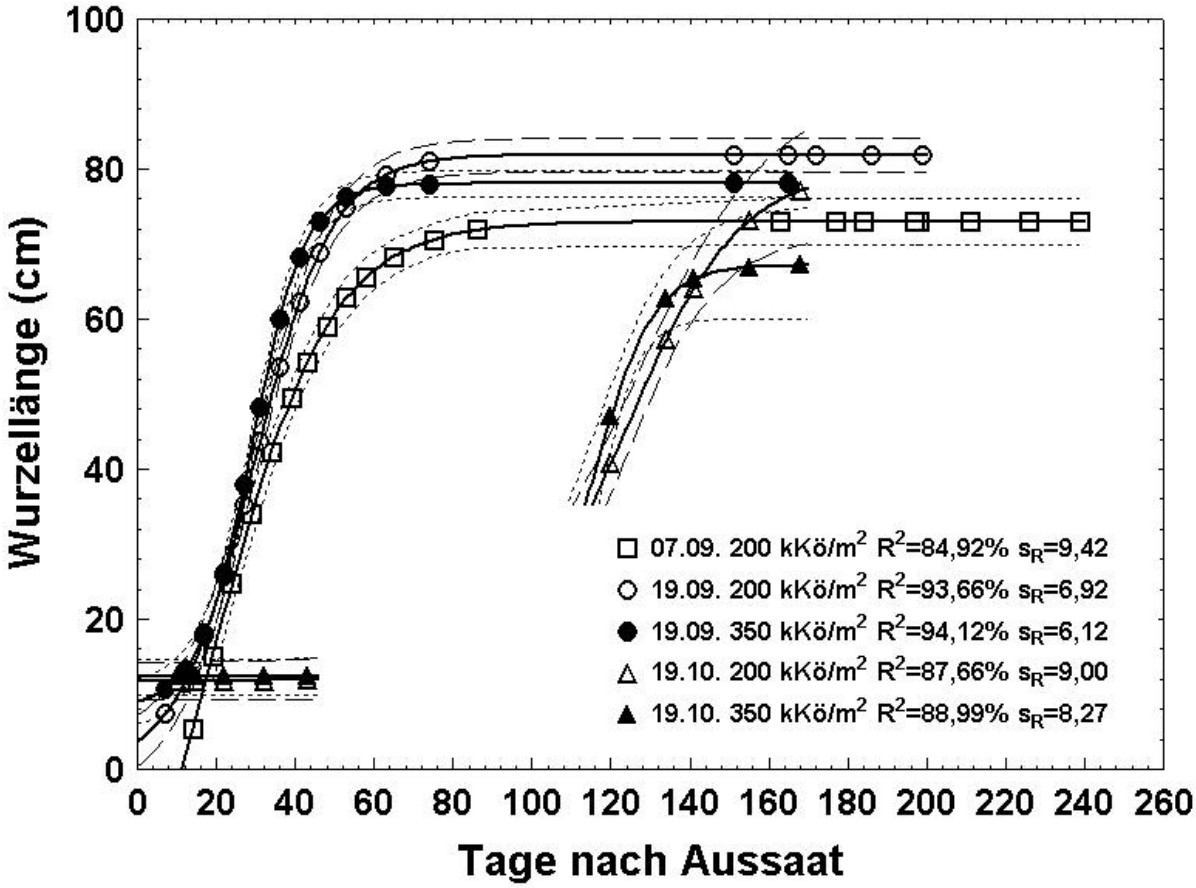


Abb.1: Durchwurzelungstiefe in Abhängigkeit von der Zeit (Tage nach Aussaat).

Tab. 1: Einfluss von Saattermin und Saatdichte auf Ertrag, Ertragsstruktur und Rohproteingehalt bei Winterweizen 2002[1]

Saattermin	Saatdichte kKö/m^2	Best.-Koeff.[2]	Ährenanzahl/m^2	Kornanzahl/Ähre[3]	TKM g	Ertrag dt/ha	RP-Geh. %[4]
07.09.	200	4.2a	637a	30.9	34.9	68.8a	13.8
19.09.	200	4.5a	645a	31.2	34.0	68.4a	14.3
	350	2.5b	592a	29.4	33.4	58.1c	14.9
19.10.	200	4.3a	554b	30.2	38.4	64.2b	14.8
	350	2.6b	564b	27.3	35.1	54.1c	15.2

[1] Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p \leq 0.05$)
[2] Bestockungskoeffizient, [3] berechnet, [4] Rohproteingehalt (N x 5.7)

Literatur

Hartmann, G., 2001: Winterweizen – Spätsaaten im Mitteldeutschen Trockengebiet. In: Stock, H.-G. u. W. Diepenbrock: Gestaltung der Anbauverfahren landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Shaker Verlag Aachen, S. 48-57.

Warnstorff, K.; Dörfel, H., 1999: Anwendung nichtlinearer Wachstumsfunktionen und aus ihnen abgeleitete relevante Größen. J. Agronomy & Crop Science 182, 259-271.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 262–263 (2003)

Mykorrhizierung, Ertrag und Ertragsstruktur von Sommergerste bei differenzierter organisch-mineralischer Düngung

T. Kautz & F. Ellmer*

Einleitung

Die Bedeutung von vesikulär-arbuskulären Mykorrhizapilzen (VAM) im intergrierten Pflanzenbau ist nach wie vor umstritten. Einerseits sind fördernde Effekte der Symbiose auf die Pflanze und auf die Bodenfruchtbarkeit schon lange bekannt, andererseits zeigen aber viele Feldstudien, dass VAM keine entscheidende Rolle für die Pflanzenernährung und -gesundheit haben (RYAN & GRAHAM 2002). Mit der vorliegenden Untersuchung sollen die Beziehungen zwischen Ertrag, Ertragsstruktur und der Mykorrhizierung von Sommergerste unter dem Einfluss von differenzierter organisch-mineralischer Düngung geklärt werden. Dazu wurden in einem Dauerdüngungsversuch auf einem schluffigen Sandboden Sommergerste-Wurzeln aus den Varianten „Ohne organische Düngung“, „Stallmistdüngung“ und „Stroh-, Rübenblatt- und Zwischenfrucht-Gründüngung“ jeweils ohne und mit 120 kg ha^{-1} mineralischer N-Düngung untersucht.

Material und Methoden

Die Entnahme von Sommergerste-Wurzeln für die Bestimmung des Mykorrhizierungsgrades fand in den beiden Untersuchungsjahren 2001 und 2002 jeweils zur Gelbreife der Sommergerste (BBCH 87) statt. Nach der Anfärbung des Pilzanteils der Wurzeln in Trypanblaulösung erfolgte die Auszählung des Mykorrhizierungsgrades nach AMBLER & YOUNG (1977).

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Untersuchungsjahren lag der Mykorrhizierungsgrad in den mineralisch gedüngten Parzellen etwa um das 3–4 fache unter den mineralisch nicht gedüngten Parzellen. Dieser Unterschied war in beiden Jahren signifikant (einfaktorielle ANOVA mit Tukey HSD, $p<0,05$). Die beiden organischen Düngungsvarianten brachten dagegen keine signifikanten Änderungen des Mykorrhizierungsgrades (Abb. 1). Der hemmende Einfluss des Stickstoffs auf die Mykorrhizierung lässt sich mit Stoffwechselvorgängen in der Pflanzenwurzel erklären. Mit steigenden Konzentrationen von Stickstoff in der Bodenlösung intensiviert sich auch die Proteinsynthese in den Pflanzenwurzeln. Dadurch verringert sich die Konzentration an löslichen Zuckern in der Pflanzenwurzel, die der wichtigste Nährstoff für die Mykorrhizapilze sind. Somit unterliegt die Symbiose einem Regulationsmechanismus, der durch die Ernährungs-Situation der Pflanze gesteuert wird. Die vorliegenden Daten deuten darauf hin, dass damit im Kompromiss zwischen zusätzlicher Wasser- und Nährstoffaufnahme durch die Pilzhyphen und Abgabe von Photosyntheseprodukten an den Symbionten ein für die Pflanze günstiger Mykorrhizierungsgrad gewährleistet wird, wobei die N-Düngung die Balance zwischen Kosten und Nutzen der Symbiose für die Pflanze beeinflusst.

* Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

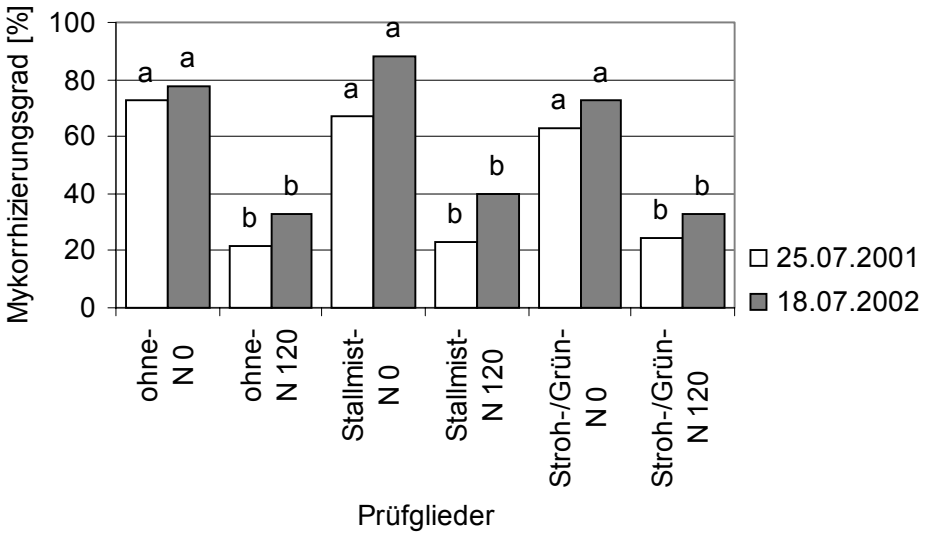


Abb. 1: Mykorrhizierungsgrad von Sommergerstewurzeln unter dem Einfluss differenzierter organisch-mineralischer Düngung. a, b: Homogene Untergruppen (Tukey-HSD, $p<0,05$)

Der Mykorrhizierungsgrad von Sommergerste ist signifikant negativ mit dem Korn- und Strohertrag, sowie mit der Bestandesdichte korreliert. Demgegenüber ergibt sich eine schwache positive Korrelation mit der Tausendkornmasse (Tab. 1). Darin wird deutlich, dass die VA-Mykorrhizapilze durchaus einen Faktor für die Ertragsbildung der Sommergerste darstellen.

Tab. 1: Pearsonsche Korrelation zwischen dem Mykorrhizierungsgrad von Sommergerstewurzeln und Ertrag sowie Ertragsstuktur

Parameter	Kornertrag (86%)	Strohertrag (86%)	Bestandes-dichte (Ähren m^{-2})	TKG (86%)	Kornzahl/ Ähre
Mykorrhizie-rungsgrad (%)	-,86**	-,91**	-,83**	,33*	-,17

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Für die Entwicklung einer großen Tausendkornmasse benötigt die Pflanze eine optimale Versorgung mit Wasser und Nährstoffen während der Fruchtentwicklung und Fruchtreife. Die vorliegenden Daten lassen sich demnach so interpretieren, dass mykorrhizierte Sommergerstepflanzen die in beiden Untersuchungsjahren gegebene und für den Standort typische Vorsommertrockenheit besser kompensieren können als nicht mykorrhizierte Pflanzen. Im Hinblick auf die Korn- und Stroherträge wird dieser Effekt allerdings durch die wesentlich bessere Nährstoffversorgung der Pflanzen in den mineralisch gedüngten Prüfgliedern überlagert.

Literatur

Ambler, J. R. & J. L. Young, 1977: Techniques for determining root length infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. Soil Science Society of America Journal 41, 551-556.

Ryan, M. H. & J. H. Graham, 2002: Is there a role for mycorrhizal fungi in production agriculture? Plant and Soil 244, 263-271.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 264–265 (2003)

Ertragsbildung und Entwicklung von Brokkoli auf farbigen Mulchmaterialien

Olaf Piepenbrock, Andreas Fricke u. Hartmut Stützel*

Einleitung

Die Pflanze reagiert durch ihr Phytochromsystem auf quantitative und qualitative Änderungen des Lichts mit morphologischen Veränderungen. Mulch findet üblicherweise Verwendung als schwarzes Material, da die Lichtundurchlässigkeit zur Beikrautregulierung und die Bodenerwärmung zur Verfrühung genutzt werden. Weißes Material wird verwendet, um das Strahlungsangebot durch Reflexion zu erhöhen. Mulch allgemein unterstützt das Pflanzenwachstum durch Verminderung unproduktiver Evaporation und Steigerung des Nährstoffumsatzes. Im Rahmen eines Projektes zur Überprüfung farbigen Mulchmaterials als Möglichkeit des Pflanzenschutzes vor Insekten stellte sich die Frage nach den ertragsphysiologischen Reaktionen von Gemüsekulturen auf diese Materialien.

Material und Methoden

In einem ab Ende April 2003 in Hannover durchgeführten Versuch wurde Polypropylen-Vlies mit einheitlicher Stärke von 70 g/m² in den Farben schwarz, blau, dunkelblau, rot, grün, weiß und silber als Mulch unter Brokkoli verwendet. Als Kontrolle diente eine gehackte Variante. Der Versuchsaufbau war eine vollständig randomisierte Anlage mit 5 Wiederholungen. Die Parzellen bestanden aus drei Beeten, je 1,2 m breit mit 0,3 m Fahrspur bei einer Beetlänge von 6,8 m und einem Pflanzverband von 0,6 * 0,4 m. Ausgewertet wurden zu drei Terminen je 12 Pflanzen (ohne Randpflanzen) pro Parzelle. An zwei Terminen sind für die Erfassung der Wurzelentwicklung drei Wiederholungen in 0 bis 15 und 15 bis 30 cm Tiefe als stengelnah gesetzte Stechzylinderproben genommen worden. Erhobene Parameter waren Pflanzenhöhe und -breite, Blatt- und Triebzahlen, Blattfläche, Frischmasse, Trokkenmassegehalt, Kopfbildungsansatz und Kopfgewichte sowie Wurzellänge, Wurzeloberfläche und Wurzeltrockenmasse. Zusätzlich wurde die Bodentemperatur in 10 cm und die Bodenfeuchte mit TDR-Sonden in 5–25 cm Tiefe gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Es zeigten sich für die oberirdischen Pflanzenparameter nur zur ersten Auswertung signifikante Unterschiede, was sich auf die Strahlungsreflexion des Mulch vor Reihenschluß zurückführen läßt. Der Trend aller Varianten blieb im wesentlichen zu den anderen Terminen gleich, jedoch ohne statistische Absicherung. Das mittlere Kopfgewicht war tendenziell bei silber am höchsten und bei rot am niedrigsten.

Die Kontrolle bestand aus kleinen Pflanzen mit vielen kleinen Blättern, wenig Seitentrieben und geringer Wurzelmasse vorwiegend im Oberboden. Die Variante silber brachte den größten Kopf und die frischmassereichsten Pflanzen mit den geringsten Trockenmassegehalten hervor. Wenige große Blätter und viele Nebentriebe charakterisierten den Aufbau bei mittleren Höhen und Breiten. Bei blauem Mulch war der Brokkoli ebenfalls frischmassestark mit großen Blättern. Die Ausdehnung der Pflanze ging in die Breite und die Wurzellängen waren im Oberboden die größten. Die Kopf-

* Institut für Gemüse- u. Obstbau, Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover, www.gartenbau.uni-hannover.de/gem

bildung fand relativ früh statt. Gleichermaßen ausgedehnt, jedoch mit geringerer Blattfläche und hohen Pflanzen zeigte sich die Variante dunkelblau. Grün führte zu recht hohen Pflanzen mit geringer Anzahl an Seitentrieben und kleinen Blättern. Die geringsten Trockenmassen im Oberboden jedoch die höchsten im Unterboden kennzeichneten hier die Wurzelverteilung. Auch rot hatte einen langen Sproß mit wenig kleinen Blättern aber vielen Trieben. Sowohl die Frischmasse als auch das mittlere Rosengewicht waren die niedrigsten, hingegen Trockenmassegehalte die höchsten. Bei rot und weiß konnten wegen Unkrautwuchs unter dem Vlies die Wurzelparameter nicht differenziert werden. Die auf weiß gewachsenen Pflanzen waren geringwüchsig. Schwarz repräsentierte die mittlere Pflanze über alle Varianten. Der Kopfansatz fand verspätet statt.

Gründe für die Erscheinungsbilder finden sich z. B. in der Summe der reflektierten Strahlung. Geringste Temperaturen im Boden der Variante silber reduzierten wahrscheinlich die Wurzelentwicklung. Die relativ hohen Bodenfeuchten der blauen Variante förderten vermutlich deren Sproßwachstum. Rasche Austrocknung des Bodens bei der warmtrockenen Witterung ließ die Kontrolle geringwüchsig bleiben. Die Sproß-Wurzel-Verhältnisse waren annähernd konstant. Anpassung an veränderte Hellrot/Dunkelrot-Verhältnisse in Form gestreckten Wuchses könnten für die auf rotem und grünem Mulch beobachteten Effekte ursächlich gewesen sein. Hohe Temperaturrückstrahlung bei schwarz kann die Vernalisation verzögert haben. Die Hypothesen werden weiter geprüft.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15 266–267 (2003)

Modellvergleich zur Simulation der N-Bilanz unterschiedlich gedüngter Maisbestände

G. Bodner, M. Büchter und H.-P. Kaul*

Einleitung

Wegen der agronomischen und ökologischen Bedeutung der Stickstoff(N)-Dynamik ist die quantitative Erfassung des Kreislaufes von Input, Transformation und Output ein zentrales Element von Simulationsmodellen (STOCKDALE et al.,1997). Die Modellierung der Auswirkungen unterschiedlicher N-Düngemengen und Düngerformen auf die N-Aufnahme durch Pflanzen sowie den N_{min}-Gehalt des Bodens ist ein wichtiges Hilfsmittel für die Gestaltung einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Praxis. Ziel der vorliegenden Arbeit ist der Vergleich der Simulation der N-Dynamik mit prozessorientierten Simulationsmodellen anhand von Daten unterschiedlich gedüngter Maisbestände.

Material und Methoden

Im Rahmen eines Feldversuchs zur Auswirkung unterschiedlicher N-Quellen auf die N-Aufnahme von Mais (Sorte Aviso, FAO 210) an der Universität Hohenheim (AUFHAMMER et al., 1996) wurden Daten zu Biomasseproduktion, N-Aufnahme und N_{min}-Werte erhoben. Die quantitative Beschreibung der N-Flüsse erfolgte exemplarisch anhand der Modelle CropSyst (STÖCKLE et al., 2000) und Daisy (HANSEN et al., 1994). CropSyst ist ein Modell zur Simulation von Klima-, Boden- und Managementeinflüssen auf die Produktivität von Fruchtfolgesystemen und die Umwelt. Im Modell Daisy werden insbesondere C und N Flüssen im System Boden-Pflanze-Atmosphäre beachtet. Die Simulation der N-Aufnahme der Pflanzen basiert in den Modellen auf optimalen N-Konzentrationskurven im Wachstumsverlauf. Daisy stellt diese als Funktion der Temperatursumme dar, während CropSyst die N-Konzentration in der Pflanze in Beziehung zur Biomasseproduktion stellt. Die beiden Modelle wurden für den Untersuchungsstandort und die Sorte kalibriert. Der Vergleich der Simulationsergebnisse und der gemessenen Daten wird hier exemplarisch für eine mineralische bzw. organische Stickstoffgabe von 120 kg N ha^{-1} (KAS bzw. Weizenschlempe) dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt die simulierten und gemessenen N-Aufnahmen der Pflanze sowie die N_{min}-Werte des Bodens. Hinsichtlich der N-Aufnahme durch die Pflanze zeigten beide Modelle sowohl bei der Variante mit mineralischer wie auch organischer Düngung eine gute Übereinstimmung der gemessenen und simulierten Daten. Die Verlaufssimulation der N_{min}-Werte zeigte eine Unterschätzung der N_{min}-Gehalte durch beide Modelle über die gesamte Vegetationszeit. Dies könnte auf eine Unterschätzung der Mineralisierung der organischen Substanz zurückzuführen sein. Besonders bei der organischen Düngungsvariante zeigten sich Abweichungen hinsichtlich des gemessenen sprunghaften Anstieges des N_{min}-Gehaltes unmittelbar nach der Düngergabe. Mit beiden Modellen konnte eine gute Erfassung der N-Reste nach der Hauptfruchternte (Rest-N_{min} und in den Ernterückständen gespeicherte N-Mengen) erzielt wer-

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien

den. Die Beziehungen zwischen den simulierten Werten und den gemessenen Untersuchungsergebnissen sind in Abb. 2 dargestellt.
Insgesamt ergab sich eine gute Korrelation sowohl bei der N-Aufnahme (Daisy: r^2=0,95; CropSyst: r^2=0,96) als auch bei den N_{min}-Werten (Daisy: r^2=0,85; CropSyst: r^2=0,80).

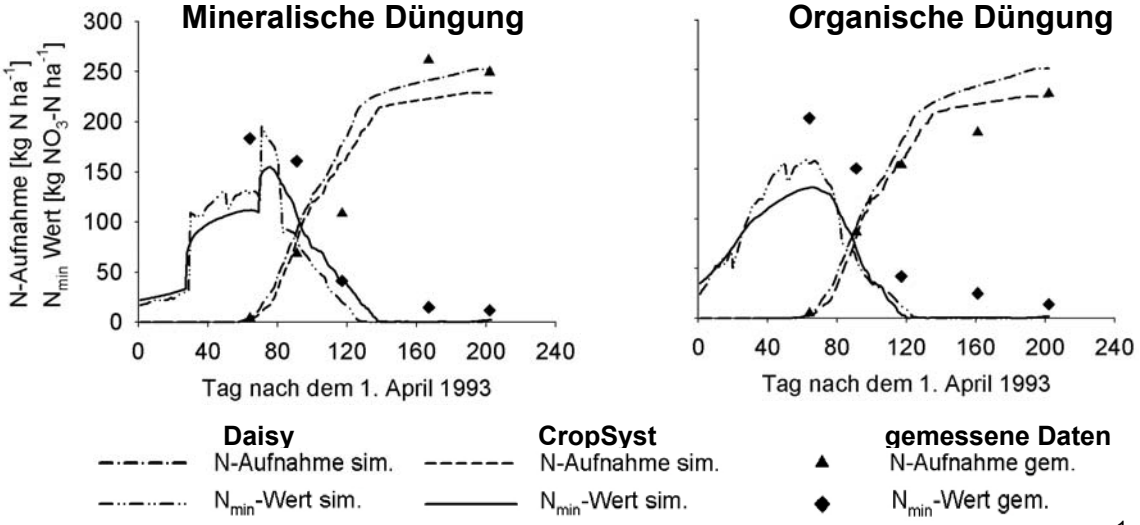


Abb. 1: Simulierte und gemessene N-Aufnahmen durch die Pflanze (kg N ha^{-1}) und N_{min}-Werte (kg NO_3-N ha^{-1}) in 0-90 cm Bodentiefe bei mineralischer und organischer Düngung von 120 kg N ha^{-1}

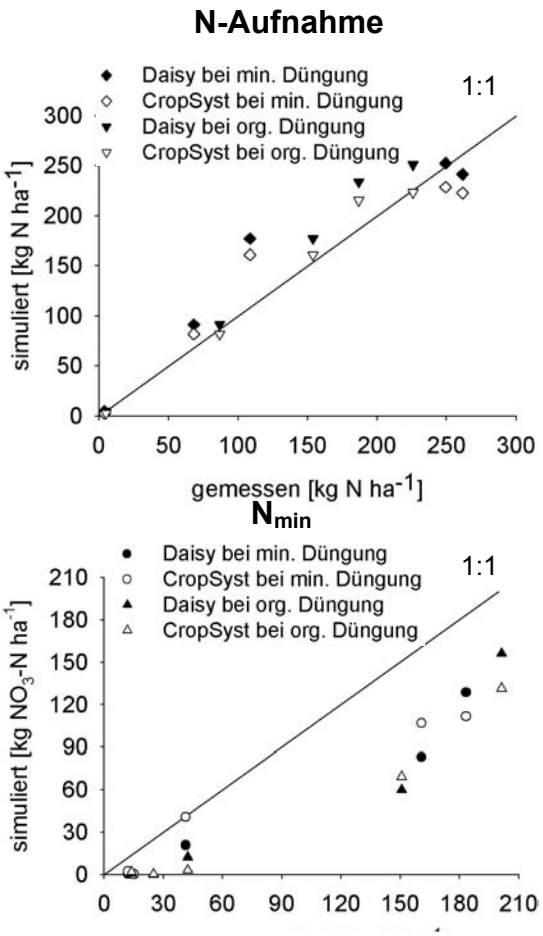


Abb. 2: Vergleich der Simulationen mit den jeweiligen Messwerten

Schlussfolgerungen

Während die N-Aufnahme durch die Pflanze in den Modellen quantitativ gut erfasst wurde, zeigten sich bei den im Boden ablaufenden Prozessen noch Möglichkeiten zur Verbesserung bestehender Modellansätze. Dabei bedürfen die Prozesse des mikrobiellen Umsatzes der organischen Substanz für die Modellierung einer bedarfsgerechten Nährstoffverfügbarkeit im Rahmen der Fruchtfolgesimulation besonderer Aufmerksamkeit.

Literatur

Aufhammer, W, Kübler, E. & Kaul, H.-P., 1996: Untersuchung zur Anpassung des Stickstoff-Angebots aus unterschiedlichen N-Quellen an den Verlauf der N-Aufnahme von Maisbeständen. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 159, 471-478.

Hansen S., Jensen N.E., Nielsen N.E. & Svendsen, H., 1990: DAISY – Soil Plant Atmosphere System Model. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, A10.

Stockdale, E.A., Gaunt, J.L. & Vos, J., 1997: Soil-plant nitrogen dynamics: what concepts are required? Eur. J. Agron. 7, 145-159.

Stöckle, C.O. & Nelson, R.L. 2000: CropSyst User's Manual (Version 3.0). Biological Systems Engineering Dept., Washington State University, Pullmann, WA

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 268–269 (2003)

Einfluss unterfluriger Tropfbewässerung und organischer Düngung auf den Ertrag von Spargel

Iris Ehler & Hartmut Stützel*

Einleitung

Im Freilandgemüsebau werden organische Dünger zur Nährstoffzufuhr und zum Ausgleich des Humushaushaltes eingesetzt. Für den Spargelanbau ist insbesondere die Humusanreicherung von Bedeutung, da Spargel aufgrund der schnellen Abtrocknung und Erwärmung im Frühjahr meist auf leichten, sandigen Böden angebaut wird. Diese zeichnen sich aber durch eine geringe Sorptionsfähigkeit für Nährstoffe und eine geringe Feldkapazität aus. Häufige Erdbewegungen durch Bodenbearbeitung führen zudem zu einem Abbau der Humusvorräte. Zum Ausgleich des Humushaushaltes wird deshalb der Einsatz von organischen Düngern als einmalige Gabe zur Neupflanzung oder auch in Teilgaben im jährlichen Rhythmus empfohlen. Die Verbesserung der Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität durch Humusgehalte im Bereich von 1 bis 5% wirkt aufgrund der Erhöhung der Bodenwassergehalte im Sommer ertragssteigernd (Paschold et al. 2000).

Die unterflurige Tropfbewässerung weist im Vergleich zu anderen Bewässerungsmethoden den höchsten Nutzungsgrad einer Wassergabe auf und minimiert somit durch Wassereinsparung bei der Zusatzbewässerung das Risiko von Nährstoffverlusten durch Auswaschung. In Feldversuchen wurden sowohl Untersuchungen zum Komposteinsatz im Spargelanbau als auch zur Wechselwirkung zwischen bedarfsgerechter organischer Düngung und unterfluriger Bewässerung durchgeführt.

Material und Methoden

Zur Untersuchung des Komposteinsatzes im Spargelanbau wurde im Jahr 1997 ein Feldversuch (Versuch I) mit den Faktoren „Organische Düngung“ (Pferdemist, Bioabfallkompost, Grüngutkompost), „Aufwandmenge“ (200 dt/ha, 600 dt/ha) und „Mineralische N-Düngung“ in Fuhrberg bei Hannover angelegt. Im dritten Jahr nach Versuchsbeginn wurden die 200 dt/ha-Varianten mit weiteren ca. 200 dt/ha Pferdemist, Frischkompost bzw. Fertigkompost versehen. Die 600 dt/ha-Varianten erhielten keine neue organische Düngung. Dieser Feldversuch wurde im Jahr 2003 vom 09.05. bis zum 04.06. an jedem 2. Tag beerntet, wobei 2 x wöchentlich (8 Termine) der Rohertrag (Stangenanzahl und Gesamtgewicht) der Varianten bestimmt wurde. An 4 Terminen wurden zudem die Stangendurchmesser an der Stangenbasis und die Einzelstangengewichte erfasst.

Zur Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen bedarfsgerechter organischer Düngung und unterfluriger Tropfbewässerung wurde im Jahr 2002 ein Feldversuch (Versuch II) mit den Faktoren „Form der organischen Düngung“ (Pferdemist, Fertigkompost, Champost) und „Höhe der Bewässerung“ (Luxus, Suboptimal) angelegt. Dieser Versuch wurde im Jahr 2003 erstmalig für 20 Tage (17.04. bis 07.05.) morgens und abends beerntet. Neben dem gesamten Rohertrag wurden an 5 Terminen zudem die Stangendurchmesser an der Stangenbasis und die Einzelstangengewichte erfasst.

* Institut für Gemüse- und Obstbau, Abteilung Gemüsebau, Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover.

Ergebnisse und Diskussion

Die Erträge der organischen Düngungs-Varianten unterschieden sich in keinem der beiden Feldversuche. Im Versuch II lag die Differenz der Zusatzbewässerung aufgrund der hohen Niederschläge im Pflanzjahr zwischen Luxus-Variante (37 mm) und Suboptimal-Variante (0 mm) bei nur 37 mm, so dass für das Erntejahr 2003 auch keine Unterschiede diesbezüglich zu erwarten waren. Im Versuch I konnten signifikante Unterschiede in der Anzahl geernteter Stangen, dem Gesamterntegewicht, dem durchschnittlichem Einzelstangengewicht und der Sortierung festgestellt werden. In all diesen Ertragsparametern war die 200 dt/ha-Variante der nicht nachgedüngten Variante deutlich überlegen. Da sich dieses Ergebnis nicht in den kontinuierlich erfassten N_{min}-Werten und der N-Mineralisation wiederspiegelt, könnte ein anderer Düngungseffekt dem zugrunde liegen.

Literatur

Paschold, P.-J., Hermann, G. & Artelt, B. (2000): Humuswirkung beim Spargelanbau. Gemüse 36, (2) 42.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 270–271 (2003)

Lysimeteruntersuchungen zum Nähr- und Schadstoffaustrag bei Anbau von Silomais nach Einsatz von gereiftem Baggergut aus dem Rostocker Aquatorium zur Bodenverbesserung

Michael Henneberg*, Adolf Grüner**

Einleitung

Das in Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns anfallende organikhaltige und deshalb gemäß diesbezüglichen Richtlinien an Land abzusetzende Nassbaggergut ist als Abfall einzustufen. Es kann aber wegen seiner meist günstigen stofflichen Zusammensetzung (hohe Gehalte an Organischer Substanz, Schluff, Ton und Nährstoffen; günstige Gefügeeigenschaften; Schadstoffgehalte unter entsprechenden Grenz- bzw. Richtwerten) i.d.R. im Land- oder Landschaftsbau als Bodenverbesserungsmittel (BVM) bzw. Kulturbodenschicht verwertet werden. Um gemäß AbfG die Schadlosigkeit der Verwertung zu sichern, ist auch der Stoffpfad Boden-Grundwasser zu prüfen. Mehrjährige Lysimeterversuche sollen praxisrelevante Aussagen zur Beeinflussung von Sickerwasseranfall sowie -zusammensetzung bei differenzierten Rahmenbedingungen und zu den sich daraus ergebenden veränderten Stofffrachten in Richtung Grundwasser einschließlich ihrer Auswirkungen auf die Grundwasserqualität nach Baggerguteinsatz bringen. Die Ergebnisse dienen der einzelfallbezogenen Festlegung der zulässigen Aufwandmenge an Baggergut (BG) beim Praxiseinsatz.

Material und Methoden

3 Versuche zur Verwertung von BG als BVM im Landbau mit insgesamt 17 Varianten (jede in 4facher Wiederholung) über 4 Jahre ab Beginn des hydrologischen Jahres 2000/01 in der Lysimeteranlage Rostock (Lysimeteroberfläche 1,06 m²).

1. Hauptversuch (HV): differenzierte einmalige Aufbringung von Baggergut im Herbst (0, 280 und 420 t TM/ha), abgestuftes Mineraldüngungs-(MD)Regime (MD 0: ohne Mineraldüngung, MD 1: N1 100 kg/ha/a, P u. K nach Bedarf; MD 2: N2 200 kg/ha/a, P u. K nach Bedarf), einheitliches $C_{org.}$-Niveau im Ausgangsboden.

2. Nebenversuch I (NV I): differenziertes $C_{org.}$-Niveau im Ausgangsboden ($C_{org.}1$ = 0,95 %, $C_{org.}2$ = 1,24 %), einheitliche BG-Aufwandmenge (280 t TM/ha) mit jährlicher Ausbringung im Herbst, einheitlich MD 2: N2 200 kg/ha/a, P u. K nach Bedarf.

3. Nebenversuch II (NV II): differenzierte BG-Aufwandmenge (140 t TM/ha einmalig und 280 t TM/ha jährlich), unterschiedliche Ausbringungszeiten (Frühjahr, Herbst), einheitlich MD 2: N2 200 kg/ha/a, P u. K nach Bedarf.

Baggergut: Zweijähriger Aufbereitungsprozeß zu einem gut handhabbaren bodenähnlichen Substrat (Aufspülen in Klassierpolder, später Aufsetzen in Mieten); Eigenschaften: neutrale Bodenreaktion (pH 7,2), hohe Gehalte an $C_{org.}$(8 %), Ton (24 %) und Schluff (45 %), hohe Kationenaustauschkapazität (36 mval/100 g), sehr gute Versorgung mit Makro- und Mikronährstoffen, aufgrund Brackgewässerherkunft Salzkonzentration (bez. auf KCl) auch nach der Aufbereitung noch bei ca. 2 %; deshalb Salzverlagerung Schwerpunkt der Untersuchungen.

* Universität Rostock, Fachbereich Landeskultur und Umweltschutz,
** Universität Rostock, Fachbereich Agrarökologie,
Justus-von-Liebig-Weg 6 18051 Rostock

Versuchsboden: (nach KA 4): Oberboden (0 – 30 cm) Sl3, Unterboden (30-100 cm) je zur Hälfte der Lysimeter Su2 und Sl3.

Untersuchungen: 14-tägig Anfall und Leitfähigkeit des Sickerwassers; je Variante in Mischproben des Sickerwassers unter Berücksichtigung der Sickerwassermenge bei differenziertem Untersuchungsrhythmus (14-tägig, monatlich, zweimonatlich) Salzionen (Cl^-, Na^+, SO_4^{2-}), Nährstoffionen (NO_3^-, NH_4^+, Mg^{2+}, K^+, Ca^{2+} Mo^+, B^+, Fe^{3+}, Mn^{2+}), $P_{ges.}$ sowie Gehalte an Schadstoffen (As, Hg, Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn; IR-KW, TBT); Boden- und Pflanzenuntersuchungen jährlich im Herbst.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse von zwei hydrologischen Jahren belegen einen deutlichen Einfluß der BG-Anwendung auf Sickerwasseranfall und -zusammensetzung. Wesentliche Wirkungen waren bisher eine deutliche Verminderung des Sickerwasseranfalls, eine sehr starke Zunahme der Leitfähigkeit, des Gehaltes an Chlorid, Sulfat, Magnesium und Natrium sowie eine starke Zunahme des Kaliumsgehaltes. Die Auswaschungsgeschwindigkeit nahm in der Reihenfolge Chlorid > Sulfat/Magnesium > Kalium > Natrium ab. Bei Frühjahrsausbringung des BG lag das Konzentrationsmaximum von Chlorid, Sulfat, Magnesium, Kalium und Natrium immer unter dem der Herbstausbringung. Ursache ist die geringere Auswaschungsintensität infolge geringeren Sikkerwasseranfalls im hydrologischen Sommerhalbjahr. Bei einmaliger BG-Ausbringung sank die Konzentration an Chlorid bereits nach einem Jahr wieder auf das Ausgangsniveau ab. Die Konzentrationen von Sulfat, Magnesium, Kalium und Natrium stabilisierten sich nach einer Phase des Rückgangs in Abhängigkeit von der Höhe der BG-Gabe auf einem immer noch deutlich erhöhten Niveau. Die zweite BG-Ausbringung hatte im Vergleich zur ersten ein geringeres Konzentrationsmaximum bei Chlorid, Sulfat, Magnesium und Kalium zur Folge. Nur bei Natrium wurde ein höheres Niveau erreicht.

Bei Nitrat führte erst die wiederholte BG-Anwendung zu einer Erhöhung der Konzentration. Die Konzentration von Ammonium veränderte sich nicht, und bei Phosphor zeigte sich unter dem Einfluss von BG (starkes P-Bindungsvermögen) eine leichte Reduzierung der Konzentration.

Das Baggergut bewirkte eine geringe Absenkung des pH-Wertes. Der Effekt reduzierte sich nach ca. einem halben Jahr, blieb aber bei den Varianten mit mindestens 280 t TM BG/ha weitestgehend erhalten.

Trotz geringeren Sickerwasseranfalls erhöhten sich bei BG-Ausbringung die Stoffausträge von Chlorid, Sulfat, Magnesium, Kalium, Natrium und Kalzium infolge der Konzentrationsanstiege deutlich. Dabei verursachte die einmalige hohe Gabe (420 t TM BG/ha) bisher höhere Gesamtausträge als die in zwei Gaben (280 + 280 = 560 t TM BG/ha) ausgebrachte noch höhere Gesamtaufwandmenge (mit Ausnahme des Magnesiums in einer Variante).

Der Austrag an Stickstoff wurde lediglich durch die zweite BG-Gabe im Herbst geringfügig gesteigert. Der P-Austrag verringerte sich infolge der günstigen Bindungseigenschaften des Baggergutes.

Das Baggergut beeinflusste nicht die Konzentrationen und damit auch nicht die Austräge an Schwermetallen und organischen Schadstoffen.

Die bisherigen Ergebnisse favorisieren nicht nur aus technologischen Gründen (Baggergutausbringung und -einarbeitung), sondern auch aus Gründen des Wasserschutzes die Teilung hoher Gesamtaufwandmengen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 272–273 (2003)

Einsatz von Reflexionsmessungen zur Identifizierung von Wasserstress bei Winterweizen (*Triticum aestivum* L.)

Simone Graeff, Zhongxue Fan, Wilhelm Claupein*

Einleitung

Wasser zählt neben Stickstoff zu den am stärksten ertragslimitierenden Faktoren in der landwirtschaftlichen Produktion. Die Wasserversorgung hat Auswirkungen auf das Wachstum und die Produktivität der Pflanze (Lieth, 1975). Das Ausmaß der Ertragseinbußen ist abhängig von Zeitpunkt und Dauer der unzureichenden Wasserversorgung (Rab et al. 1984). Um einem Ertragsverlust entgegen zu wirken, ist ein frühzeitiges Eingreifen von großem Vorteil. Darüber hinaus könnte eine frühzeitige Erkennung von Wassermangel Bewässerungssysteme sowie die Terminierung der Bewässerung deutlich verbessern. In Gewächshausversuchen wurde daher der Einsatz von Reflexionsmessungen zur frühzeitigen Identifizierung von Wassermangel bei Weizen untersucht.

Material und Methoden

In einem Gefäßversuch wurde der Unterschied der Reflexion von Sommerweizen (*Triticum aestivum* L.) cv. Thasos unter Wasserstress gestestet. Hierzu wurden fünf Wassermangelstufen 65°% (Kontrolle), 52%, 39%, 33% und 26% basierend auf der nutzbaren Feldkapazität des Bodens (sandiger Lehm, WK 23 %) ausgewählt. Die Pflanzen wuchsen 30 Tage unter identischen Bedingungen und optimaler Wasserversorgung heran. Nach 30 Tagen wurde Wassermangel in den entsprechenden Stufen induziert. Alle Gefäße wurden durch tägliches Wiegen auf der jeweils gewünschten Wasserversorgung gehalten.

Reflexionsmessungen wurden am vierten Blatt der Weizenpflanzen 9, 15, 21 und 24 Tage nach Induktion des Wassermangels durchgeführt. Die Blätter wurden mit einer digitalen LEICA S1 Kamera wurden unter kontrollierten Lichtverhältnissen (MikroSun 21D HMI, 21W, Sachtler, Deutschland) gescannt. Durch den Einsatz unterschiedlicher Longpass-Filter (Maier Photonics, Manchester, USA) wurden mehrere Wellenlängenbereiche herausgefiltert und das gesamte Tageslichtspektrum in kleine Spektralbereiche aufgeschlüsselt. Die Scans wurden im L*a*b*-Farbraum (CIE, 1986) mit der Software Adobe Photoshop® 5.0 ausgewertet.

Der L*a*b*-Farbraum ist ein dreidimensionaler Farbraum, wobei der Parameter a* den Grün/Rot-Anteil und der Parameter b* den Blau/Gelb-Anteil einer Farbe beschreibt. L* spezifiziert die Helligkeit einer Farbe.

Die Blätter wurden im Anschluss an die Messung geerntet und der aktuelle Wassergehalt über Frischmasse bzw. Trockenmasse bestimmt. Die Versuche waren als vollständig randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Mit Hilfe des Statistikprogramms SAS 6.12 (Jandel Scientific) wurden Varianzanalysen durchgeführt und die Grenzdifferenz für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% (α=0,05) berechnet.

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Reflexionsmessungen ergaben zwischen den Versuchsgliedern statistisch gesicherte Unterschiede im b*-Wert 9 Tage nach Induktion von Wassermangel. Der b*-Wert stieg mit Zunahme des Wassermangels an (Abb. 1). Zwischen dem b*-Wert und dem Wassergehalt im Blatt bestand eine enge Korrelation (r^2 = 0.95), die die Quantifizierung des Wassermangels ermöglichte. Darüber hinaus unterschieden sich die Reflexionsmuster der Pflanzen unter Wassermangel signifikant von anderen getesteten Stressfaktoren.

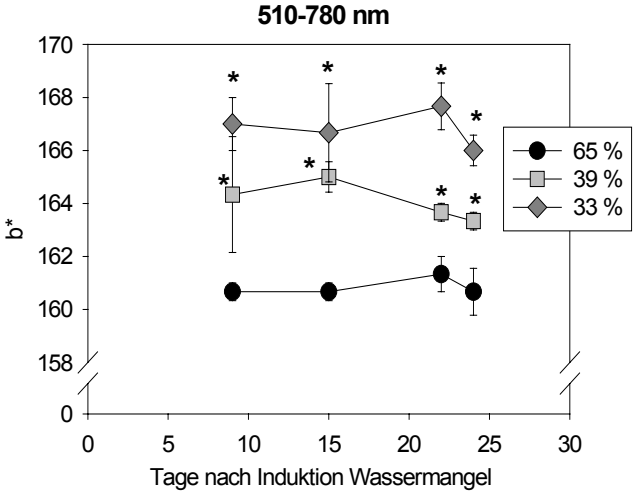


Abb. 1: Änderung des b*-Wertes in Abhängigkeit der Wassermangelstufe (MW + SF).

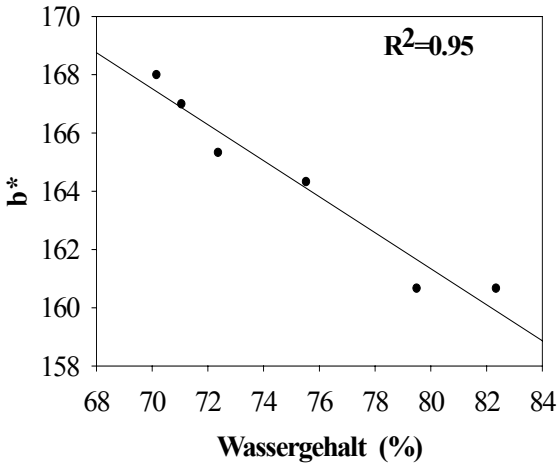


Abb. 2: Korrelation zwischen Wassergehalt und b*-Wert.

Die Ergebnisse zeigten, dass Wassermangel frühzeitig anhand von Reflexionsänderungen identifiziert und quantifiziert werden konnte. Optische Methoden stellen somit einen möglichen Ansatzpunkt zur frühzeitigen Erfassung von Wassermangel dar und bilden eine mögliche Grundlage zur Steuerung von Bewässerungsmaßnahmen. Zur Applikation der Methodik in der Praxis sind weitere Feldversuche notwendig.

Literatur

CIE 1986. Colorimetry. 2nd ed., Publication CIE No. 15.2, Central Bureau of the Commission Internationale de L'Eclairage, Vienna.

Lieth, H. 1975. Modelling the primary productivity of the world. In: Primary Productiovtiy of the Biosphere. H. Lieth & R. H. Whittaker (eds.) Springer Verlag, Heidelberg. 237-283.

Rab, A., Jensen, H.E:, Mogensen, V.O. 1984. Dry matter production of spring wheat subjected to water stress at various growth stages. Cereal Res. Comm. 12 (1-2) 19-25.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 274–275 (2003)

Sonnenlicht-induzierte Chlorophyll-Fluoreszenz im Tagesgang im gesunden und kranken Kartoffelbestand

C. Idelberger, E. Sticksel*

Einleitung

Die sonnenlicht-induzierte Chlorophyll-Fluoreszenz (SIF) kann Auskunft über die Streßsituation eines Bestandes unter Freilandbedingungen geben (Idelberger, Sticksel, 2003). Diese berührungslos, mit einem Spektrometer erworbenen Informationen stellen ein neues Werkzeug im Precision Farming dar. Absorbierte photosynthetisch aktive Strahlung (aPAR) wird von den Pflanzen als chemische Energie, Wärme oder Fluoreszenzlicht abgegeben. Mit abnehmender Photosyntheseeffizienz (PE) wird ein zunehmender Teil der absorbierten Energie als Fluoreszenzlicht abgegeben. Es ist daher anzunehmen, daß die SIF bei gestreßten Pflanzen höher ist als bei ungestreßten.

Material und Methoden

Die Kartoffellsorte ′Agria′ wurde im Pflanzenschutzversuch angebaut. Die Knollen der Kontrollpflanzen wurden nicht gebeizt und mit *Phytophtora infestans* und *Alternaria ssp.* inokuliert. Die Knollen der gesunden Variante wurden vor der Pflanzung nicht infiziert und zusätzlich gebeizt. Es wurde ein handgehaltenes Spektrometer (Tec5) mit einer spektralen Auflösung von 0,8 nm benutzt, um die Tagesgänge der SIF zu messen. Zu Beginn der Meßperiode (5. Juli 2002) waren 40% der inokulierten und 8% der gesunden Pflanzen mit Stengelfäule befallen. Am 18. Juli waren es 100 bzw. 94%. Beide Varianten waren zu Anfang nur leicht an den Blättern befallen, am 18. Juli waren es 22 (inokulierte) bzw. 8% (gesunde Pflanzen). Pro Tag wurden 6 Messungen durchgeführt. Referenzmessungen wie Photosyntheserate und PAR erfolgten mit dem LI-COR 6400. Aus der unterschiedlichen Höhe des Fluoreszenzpeaks soll ermittelt werden, ob sich die gestreßte bzw. ungebeizte Kontrolle von der gesunden, gebeizten Variante unterscheiden läßt. Daneben wurden an 5 Terminen Blattproben zur Chlorophyll- und N-Analyse entnommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die SIF zeigte grundsätzlich einen Tagesgang (Abb. 1): Morgens war sie hoch, mittags geringer, um dann abends wieder zuzunehmen. Dies läßt sich aus dem Zusammenspiel von Temperatur und Strahlungsintensität erklären (Idelberger, Sticksel, 2003). Es ließ sich bis kurz vor Ende der Messperiode ein geringer Unterschied in der Höhe des Fluoreszenzpeaks zwischen den Varianten nachweisen. Am letzten Meßtag (5. August 2002) waren keine eindeutigen Unterschiede zwischen krank und gesund mehr festzustellen, da beide Varianten in etwa gleich krank waren. Entgegen den Erwartungen fluoreszierte die gesunde Variante mehr als die inokulierte. Es gab keine feststellbaren Unterschiede in der stomatären Leitfähigkeit oder der PE, die im Laufe des Tages abnahm.

Chlorophyll- wie auch N-Gehalt nahmen wie erwartet im Laufe der Meßperiode ab (Abb 2). Entgegen anderen Ergebnissen (Möller, 2001) war der Chlorophyllgehalt

* Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Technische Universität München, Alte Akademie 12, 85354 Freising-Weihenstephan

und die N-Konzentration bei der inokulierten Kontrolle nach einem anfänglichen Niedrigstand höher als bei der gesunden Variante.

Es ließ sich zeigen, daß unterschiedlich stark infizierte Varianten der Sorte 'Agria' eine unterschiedlich hohe SIF zeigten. Der nächste Schritt ist, die Datenbasis zu erweitern, um die Anwendungsmöglichkeiten der SIF besser umreissen zu können.

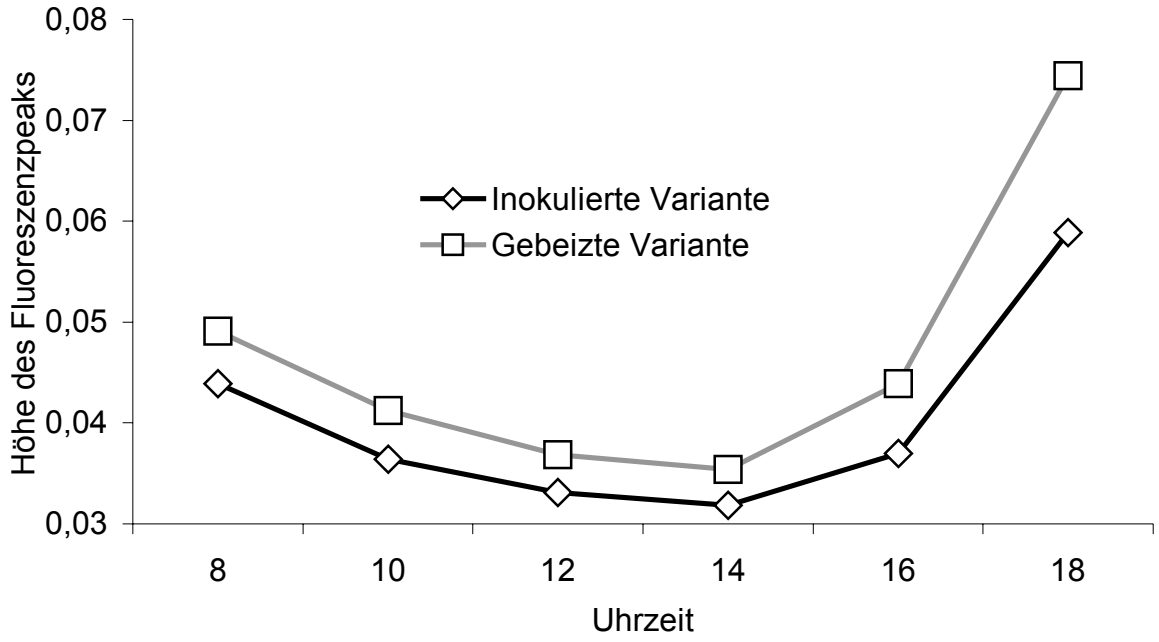


Abb. 1: Verlauf der sonnenlicht-induzierten Chlorophyll-Fluoreszenz der inokulierten und gebeizten Variante der Kartoffelsorte 'Agria' am 8.Juli 2002

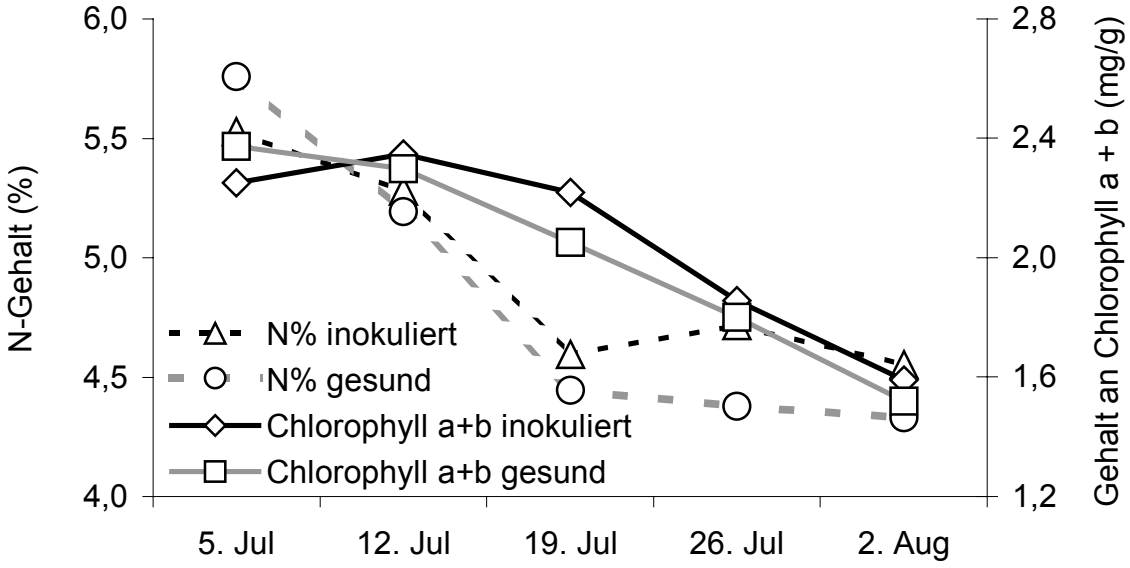


Abb. 2: Verlauf des Chlorophyll- und des Stickstoffgehaltes während der Meßperiode

Literatur

Idelberger, C. und E. Sticksel, 2003. Measurement of sunlight-induced chlorophyll fluorescence in the daily course under ambient conditions. Joint conference of ECPA – ECPLF, Berlin, Wageningen Academic Publishers.

Möller, K., 2001. Einfluss und Wechselwirkung von Krautfäulebefall und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln. Diss., Technische Universität München.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 276–277 (2003)

Teilflächenspezifische Wirtschaftsdüngerausbringung

Leinker, M., Kielhorn, A.*, Lehmann, B., Trautz, D.*

Einleitung

In Niedersachsen ist die Region Weser-Ems durch eine intensive landwirtschaftliche Nutztierhaltung gekennzeichnet. Daraus ergibt sich ein hohes Aufkommen an organischen Wirtschaftsdüngemitteln. Zusätzlich nimmt der Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern zur Bodenverbesserung wie z.B. Komposte zu. Pflanzenbaulich gesehen, besteht der Anspruch, die Düngesubstrate räumlich und zeitlich bedarfsgerecht zu applizieren. Zur Ausbringung werden u.a. Universalstalldungstreuer eingesetzt, bei denen aufgrund großer Streubreiten und hoher Ausbringgeschwindigkeiten Substratentmischungen zu beobachten sind, die ungleichmäßige Streubilder und dadurch Nährstoffunterschiede zur Folge haben können. Mit finanzieller Unterstützung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) wurden in einem Forschungsprojekt gemeinsam mit der Firma Strautmann Untersuchungen zur Optimierung der Wirtschaftsdüngerausbringung mit dem GPS-gesteuerten Universalstalldungstreuer VS 22 durchgeführt. Im Fokus standen dabei folgende vier Bereiche:

1. Messung der Querverteilgenauigkeit (Massen- und Nährstoffquerverteilung)
2. Messung der GPS-gesteuerten Substratapplikation bei dynamisch wechselnden Ausbringmengen (Längsverteilung)
3. Fahrgassen-unabhängige Navigation (parallel-tracking)
4. Potentialabschätzung ungenauen Anschlussfahrens

Material und Methoden

Streuversuche mit Rindermist, Kompost und Hühnertrockenkot zur Ermittlung der Querverteilgenauigkeit wurden sowohl auf Basis der Richtlinien der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) als auch nach der Europäischen Norm für Stalldungstreuer (prEN 13080) durchgeführt. Zur einheitlichen Auswertung ist an der Fachhochschule Osnabrück das MS-Excel®-basierte Streubildauswertungsprogramm (STRAP) erstellt worden. Die Erfassung der Längsverteilgenauigkeit vollzog sich abweichend von o.a. Richtlinien, da die Versuchsfragestellung auf die Realisierbarkeit GPS-gesteuerter teilflächenspezifischer Applikation abzielte. Hierfür wurden 48 Auffangschalen bei einer Fahrspurlänge von 333 m auf dem Versuchsschlag (4,12 ha) systematisch ausgelegt. In drei Applikationsbereichen sollten nacheinander 10, 30 und 20 m³/ha ausgebracht werden. Die Überprüfung der Fahrgenauigkeit beim parallel tracking erfolgte über das GIS-Programm Esri ArcView®. Nährstoff- und Fraktionierungsanalysen der Substrate unterschiedlicher Streubereiche fanden im agrikulturchemischen Labor der FH Osnabrück statt. Mögliche Auswirkungen des ungenauen Anschlussfahrens wurde potentialorientiert taxiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Feldversuche zur Bestimmung der Querverteilung bei o.a. Substraten ergaben hohe Verteilgenauigkeiten (VK< 15 %) bei Arbeitsbreiten bis 15 m. Entsprechend gute Ergebnisse konnten mit Kompost nur bei geringeren Arbeitsbreiten erzielt werden. Aufgrund des geringen TM-Gehaltes zeigten Fraktionierungsproben bei Kompost

Fachhochschule Osnabrück, FB Agrarwissenschaften, PF 1940, D-49009 Osnabrück
FG Landtechnik, Email: m.leinker@fh-osnabrueck.de, *FG Umweltschonende Landbewirtschaftung

Entmischungserscheinungen und fraktionsabhängige Nährstoffunterschiede über den Bereich der Arbeitsbreite.

Ein Lösungsansatz könnte eine veränderte Substratkonditionierung hinsichtlich des TM-Gehaltes oder der Sieblinien darstellen. Zur Beurteilung der Verteilung wurden Massen- und Nährstoffstreubilder erstellt. Für Kompost und Rindermist konnten grosse Übereinstimmungen der Verteilungsbilder festgestellt werden. Eine Veränderung der Arbeitsbreite wurde nicht erforderlich. Bei Hühnerkot hätte hingegen eine Reduzierung der Arbeitsbreite um einen Meter stattfinden müssen.

Auf Basis der Soll-Applikationskarte (10, 30 und 20 m³/ha) (s. Abb. 1) wurde Rindermist auf dem Versuchsschlag zur Ermittlung der Längsverteilgenauigkeit ausgebracht. Über aufgefangene Schalenwerte ist die Ist-Applikationskarte mit der Interpolationsmethode Inverse-Distanz (IDW) generiert worden (s. Abb.1). Deutlich zu sehen ist die Abstufung der Ausbringmengen. In den Übergangszonen hat die Umsteuerung der Ausbringmenge mit unterschiedlicher Intensität stattgefunden.

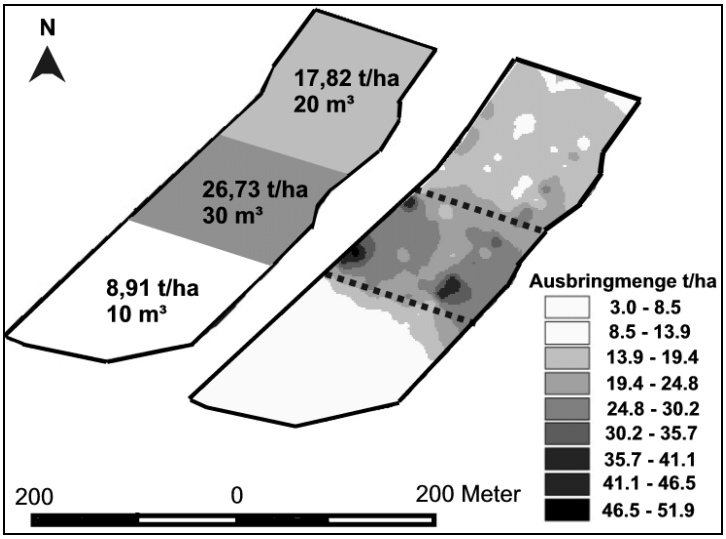


Abb. 1: Soll-Applikationskarte (links) und Ist-Applikationskarte (rechts) für Rindermist

Schlupfeffekte im Kratzbodenbereich verursachten systematisch geringere Ist-Werte gegenüber den Soll-Werten. Die GPS-gesteuerte Längsverteilung wurde unter praktischen Bedingungen mit dynamisch wechselnden Ausbringmengen weitgehend realisiert. Das parallel-tracking hat bei einer Arbeitsbreite von 14 m im Feldversuch hohe Fahrgenauigkeiten ergeben. Dabei wurde eine mittlere Standardabweichung von ± 0,18 m bei maximalen Abweichungen von 0,40 m nach links und 0,64 m nach rechts ermittelt. Auf Grundlage der Ergebnisse lässt sich festhalten, das die Kombination aus GPS-gesteuerter Längsverteilung und parallel-tracking eine exakte Ausbringung unterschiedlicher Sollmengen bei minimierten Überlappungsbereichen ermöglicht. Ungenaues Anschlussfahren kann zu ungleichmäßiger Bestandesentwicklung sowie zu möglichen Umweltbelastungen (Boden, Grundwasser) führen. Bei unbeabsichtigter Mehrüberlappung von einem Meter wurden substratabhängige Mehrkosten für Ausbringtechnik und Wirtschaftsdüngemittel von 8,92–21,38 €/ha berechnet. Hinzu kämen noch mögliche zu bewertende pflanzenbauliche Auswirkungen.

Literatur

Europäisches Komitee für Normung (CEN) (2002): Landmaschinen, Stalldungstreuer, Umweltschutz, Anforderungen und Prüfmethoden (prEN 13080), Final Draft June 2002

Doehler, H., Fathmann, B., Huschke, W. et al. (2001): Verfahrenstechnik zur Ausbringung fester Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdünger. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (Hrsg.). Darmstadt: KTBL Vertrieb, Arbeitspapier 276

Stuevel, J. M., Schoen, H.-G. und Lehmann, B. (2003): Examining the Egnos-reference signal underfield conditions for track-navigations. In: Programme book of the joint conference of ECPA-ECPLF, Centre for Agricultural Landscape and Land Use Research (ZALF) and Institute of Agricultural Engineering Bornim (ATB) (Hrsg.). Wageningen: Wageningen Academic Publishers, S. 577-579

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 278–279 (2003)

Teilflächenspezifische Variabilität im Oberrheingraben

Johanna Link, Simone Graeff, Wilhelm Claupein*

Einleitung

Auf drei Praxisschlägen im Oberrheingraben wurde die teilflächenspezifische Variabilität in Mais über eine Dauer von drei Jahren untersucht. Hintergrund der Untersuchung ist eine mögliche Anpassung der Flächenbewirtschaftung an die innerhalb des Schlages vorliegende Variabilität, um so die Betriebsmittel ökologisch und ökonomisch sinnvoll einsetzen zu können. Ziel der Untersuchung war, den Zusammenhang zwischen wachstumsbeeinflussenden bzw. wachstumslimitierenden Faktoren und dem Ertragspotential herauszuarbeiten.

Material und Methoden

Die Untersuchungen zur teilflächenspezifischen Variabilität fanden auf drei Praxisschlägen in Weisweil (Landkreis Emmendingen), einem durch kleinparzellierte Strukturen und intensiven Körnermaisanbau geprägten Gebiet im Oberrheingraben, statt. Der Standort wird charakterisiert durch eine mittlere Jahrestemperatur von 9°-10° C und einer Niederschlagsmenge von 700 mm im Jahr: Vorherrschende Bodenart ist schluffiger Lehm mit Bodenzahlen von 60 bis 80. Auf den drei untersuchten Flächen (I1, I2, I3) wurde im Jahr 2000 Körnermais der späten bzw. der mittelspäten Sorten Marista (I1, I2) und Benicia (I3) angebaut. Die Aussaat erfolgte um den 20. April 2000, die Ernte fand am 16. Oktober 2000 statt. Pflanzenschutzmaßnahmen wurden bei Bedarf (Zünslerbefall) durchgeführt.

Für die Untersuchung der teilflächenspezifischen Variabilität wurden sowohl Rasterbeprobungen als auch kontinuierliche Messungen durchgeführt. In Abhängigkeit der Schlaggröße (I1 = 1,8 ha, I2 = 1,2 ha, I3 = 1,5 ha) wurden zwölf, acht bzw. zehn Rasterpunkte angelegt, was einer Beprobungsdichte von etwa sieben Rasterpunkten/ha entsprach. Die manuellen Beprobungen der Rasterpunkte dienten der Erfassung von Bodenparametern (P, K, Mg, pH, Humusgehalt und Bodenart), sowie der Untersuchung verschiedener Pflanzenparameter (Pflanzen/m², Nährstoffkonzentrationen (N, P, K, Mg), Kornfeuchte, Ertragskomponenten (Kolben/Pflanze, Kornzahl/Kolben, TKG), Körnergewicht je Kolben). Über die kontinuierlichen Messungen wurden in unterschiedlichen Jahren Ertragsdaten erhoben, sowie einmalig die elektrische Bodenleitfähigkeit mit einem EM38. Die geocodierte Ertragserfassung erfolgte durch den Einsatz eines Mähdreschers ausgerüstet mit einem differentiellen Globalen-Positionierungs-System (DGPS).

Ergebnisse und Diskussion

Hinsichtlich der Bodenart, der Korngrößenverteilung, des pH-Wertes und des Humusgehaltes war die teilflächenspezifische Variabilität innerhalb der drei Schläge schwach ausgeprägt. Die Nährstoffgehalte im Boden (P_2O_5, K_2O und MgO) variierten innerhalb der Schläge deutlich stärker, wobei die Nährstoffgehalte alle innerhalb des normalen bis überversorgten Bereich anzusiedeln waren. Da keinerlei Mangelbereiche vorhanden waren, werden die Bodennährstoffgehalte nicht als dominierende ertraglimitierende Faktoren angesehen. Unterstützt wird diese Annahme von der Tatsache, dass die Variabilität der Erträge innerhalb der Schläge nicht in direktem

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Zusammenhang mit den Bodeneigenschaften und –nährstoffgehalten stand und mit Ausnahme der schwach positiven Korrelation ($r^2 = 0,51$) zwischen dem Schluffgehalt des Bodens und dem Ertrag bzw. den Ertragskomponenten keine Korrelationen ermittelt werden konnte. Die Erträge waren in den unterschiedlichen Jahren in erster Linen stark von der Sorte und der Witterung abhängig. Auf allen drei Schlägen kommt die Ertragswirksamkeit von Stickstoff jedoch deutlich zum Tragen. Der über die Fläche variierende Kornertrag (Abb. 1) stand in direktem Zusammenhang mit dem Stickstoffentzug (Abb. 2) auf den einzelnen Teilflächen ($r^2 = 0,65$). Auch zwischen den Stickstoffkonzentrationen der Pflanze und dem Ertrag bzw. den Ertragskomponenten können ähnliche Korrelationen ermittelt werden.

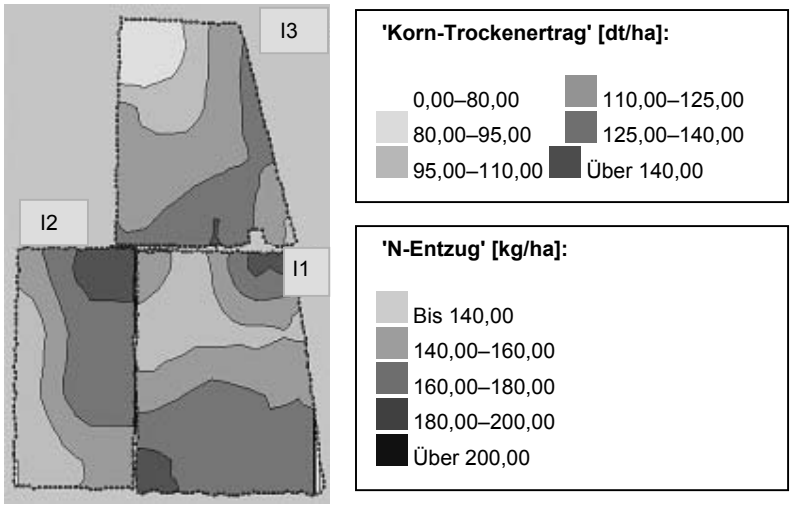


Abb. 1: Korn-Trockenertrag [dt/ha]

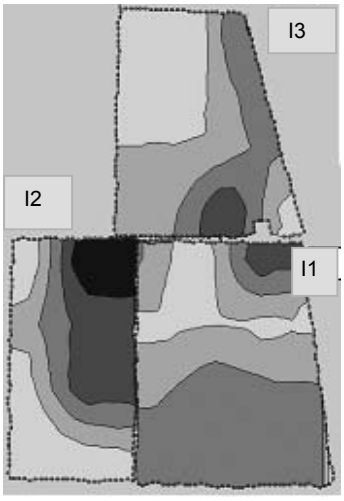


Abb. 2: N-Entzug [kg/ha]

Über die kontinuierlichen und rasterorientierten Messverfahren konnten über die drei Versuchsjahre wiederkehrende Ertragmuster innerhalb der Schläge gezeigt werden. Die Ertragskarten insbesondere der Jahre 1999 und 2000 lassen für den Schlag I2 jahresübergreifende Ertragstrukturen erkennen. Die Korrelation zwischen den Ertragsmustern der Jahre 1999 und 2000 beträgt $r^2 = 0,57$. Für die Schläge I1 und I3 ist die Kontinuität der räumlichen Ertragsmustern nicht so stark ausgeprägt.

Innerhalb dieser Untersuchung konnte zunächst die Stickstoffverfügbarkeit als ein Faktor für die teilflächenspezifische Variabilität des Ertragspotentials ermittelt werden. Um den Einsatz von Betriebsmitteln auf den untersuchten Flächen im Oberrheingraben zu optimieren ist daher der teilflächenspezifische Einsatz von Stickstoffdüngungen anzustreben. Gleichzeitig werden aber in zukünftigen Untersuchungen weitere mögliche ertragslimitierende Faktoren, wie Wasserstress oder Krankheitsdruck etc. einbezogen.

Danksagung

ITADA-Projekt 1.1.1 ‚Nutzbarmachung von Verfahren der Präzisionslandwirtschaft am Oberrhein – Analyse und Interpretation der Variabilität von Ackerflächen in der Rheinebne', bearbeitet von Dr. Ivika Rühling (IfuL) und Didier Lasserre (ICTF) mit Kofinanzierung durch EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 280–281 (2003)

Möglichkeiten der Schätzung des Biomasseaufwuchses von Wintergerste mittels Spektrometer

A. Schmid, G. Huber & F.-X. Maidl*

Einleitung

Zum Erreichen bestimmter Ertragsleistungen benötigt Wintergerste zu den verschiedenen Entwicklungsstadien jeweils gewisse Trockenmassebildungen. Die visuelle Schätzung der Biomasse ist in der Regel mit einem großen Fehler behaftet, während die Gewinnung von Biomasseproben sich als sehr arbeits- und zeitintensives Verfahren darstellt. Im folgenden Beitrag wird ein zerstörungsfreies Verfahren vorgestellt, welches eine Bestimmung des Biomasseaufwuchses mit geringem Zeitaufwand zulässt.

Material und Methoden

Während der gesamten Vegetationsperiode wurde zu verschiedenen Terminen Spektrometermessungen durchgeführt und der Vegetationsindex REIP berechnet. Die Schätzung des Biomasseaufwuchses über den Vegetationszeitraum ergibt eine Regressionsfläche im dreidimensionalen Raum, welche durch die Gleichung der Form $y = f(x,t)$ bestimmt wird. Dabei steht y für den Vegetationsindex, x ist die zu bestimmende Biomasse und t die Zeit. Wir verwenden den logarithmischen Ansatz $f(x,t) = (at + b)\ln(x) + (ct + d)$. Löst man die Gleichung $y = (at + b)\ln(x) + (ct + d)$ nach x auf, so ergibt sich folgende Schätzformel für die Biomasse:

$$x = e^{\frac{y-(ct+d)}{at+b}}$$

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertungen ergaben, dass zu einem festen Zeitpunkt t ein logarithmischer Ansatz am besten geeignet ist, um den Zusammenhang zwischen dem Vegetationsindex REIP und der zu bestimmenden Trockenmasse zu beschreiben (Abb. 1 bis 4).

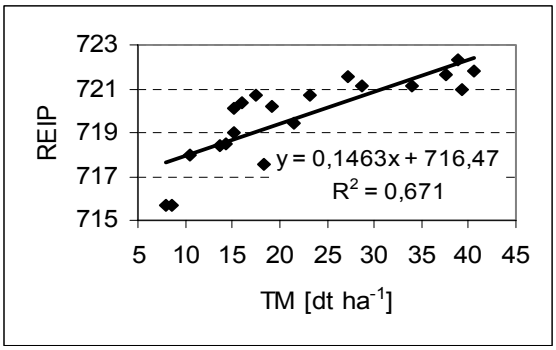


Abb. 1: Lineare Beziehung zw. REIP und TM, Sorte Duet zu EC49

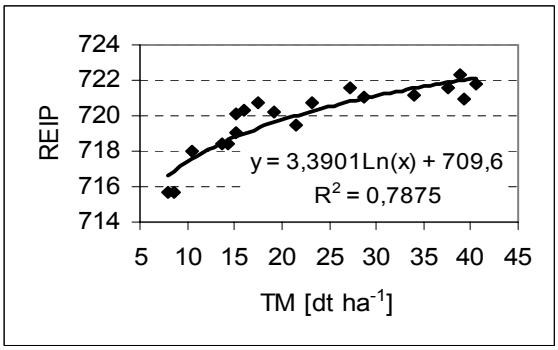


Abb. 2: Log. Beziehung zw.REIP und TM, Sorte Duet zu EC49

* TU München, Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Alte Akademie 12, 85350 Freising-Weihenstephan

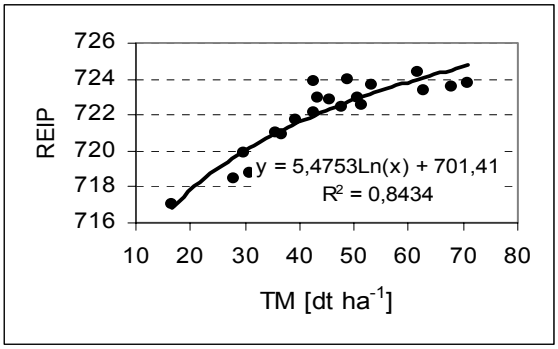


Abb. 3: Lineare Beziehung zw. REIP und TM, Sorte Ludmilla zu EC49

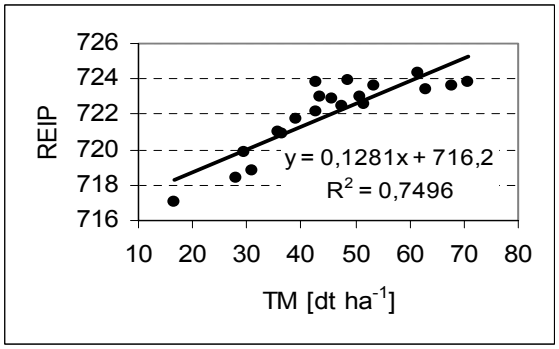


Abb. 4: Log. Beziehung zw. REIP und TM, Sorte Ludmilla zu EC 49

Die Bestimmung der Regressionsflächen zu Wintergerste der Sorten Duet (zweizeilig) und Ludmilla (mehrzeilig) ergab nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate die aus Tabelle 1 ersichtlichen Regressionskoeffizienten für die obige Gleichung.

Tab. 1: Parameter der Regression über die gesamte Vegetationsperiode zu Wintergerste der Sorten Duet und Ludmilla

	a	b	c	d
Duet	0,09	1,49	-0,41	719,46
Ludmilla	0,025	4,17	-0,22	710,35

Man erhält die Regressionsgleichungen

$$f(x,t) = (0{,}09 \cdot t + 1{,}49)\ln(x) + (-0{,}413 \cdot t + 719{,}46) \text{ (Duet)},$$

$$f(x,t) = (0{,}025 \cdot t + 4{,}17)\ln(x) + (-0{,}219 \cdot t + 710{,}35) \text{ (Ludmilla)}.$$

Bei diesen Gleichungen handelt es sich um eine universelle Formel für die zu bestimmende Biomasseproduktion der Wintergerstensorten Duet und Ludmilla über den gesamten Vegetationszeitraum.

Betrachtet wird als konkretes Beispiel der Vegetationszeitpunkt EC49, welcher 26 Tage nach Start der ersten Probennahme zu EC30 lag. Setzen wir, ergibt sich die folgende Schätzgleichung für die Trockenmasse der beprobten Sorten

$$REIP(26) = 3{,}83 \cdot \ln(TM) + 708{,}72 \text{ (Duet)},$$

$$REIP(26) = 4{,}82 \cdot \ln(TM) + 704{,}65 \text{ (Ludmilla)}.$$

Mit dieser Methode kann man nach obiger Formel die entsprechende zugehörige Regressionskurve $f(x)$ bestimmen. Bei dem vorgestellten Biomasseschätzer ist eine einzige Formel ausreichend, den Biomasseaufwuchs während der gesamten Vegetationsperiode zu beschreiben.

Literatur

REUSCH, S. (1997): Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Dissertation

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 282–283 (2003)

On Farm Experimentation with the help of Precision Farming techniques

H.-G. Schoen, A. Kielhorn, D. Trautz*

Introduction

On farm experiments are a useful instrument for farmers to optimise the application of inputs. They should be easy to handle. The use of GPS-based application technology and yield mapping enables to conduct simple field experiments easily. One disadvantage is that plot and block size is in general big depending on the working width of the machines. Huge plots normally increase the error term when testing with ANOVA. The investigation was conducted to evaluate the precision of GPS-based on-farm field trials using regular machinery equipment.

Material and Methods

Trails were conducted in 2002 on fields near the town of Osnabrueck in North-West Germany using a randomised complete block design with plot sampling. The fields were situated in the mountaineous range of the Wiehengebirge with rolling to hilly land surface. Soils of Field 1 (Wellenkamp) derived from glacial moraines over claystone (Cambisol). Soil texture varied from loamy sand to clay loam. The Trial was placed in the centre of the field with textures varying from loamy sand to sandy loam. The respective crop was winter oats. The first N-rate was given uniformly (70 kg N/ha).In the trial the second and third N-application were varied with three factor levels: site specific according to the farm manager (92 kg N/ha), + 30 % (120 kg N/ha), - 30 % (65 kg N/ha). Fertiliser was applied with the help of application maps generated by the software LORIS and FIELDSTAR (Fig. 1). Application maps were stored as bord computer jobs. The field application was controlled by the bord computer and the job processor of the fertiliser spreader. As-added maps were reread from the job file after application and stored and visualised in a GIS. Plots had the size of around 35 x 35 m each.

Field 2 was a haplic Cambisol (Icker). The texture was sandy loam. Plots had the size of around 35 x 60 m. The respective crop was winter wheat. N was supplied in a 3-split application. Rates varied with three levels: site specific according to the farm manager (190 kg N/ha), + 20 % (225 kg N/ha), - 20 % (155 kg N/ha). Application was done with the help of GPS and digital application maps as mentioned above.

The fields were harvested with GPS-based yield mapping. The respective yield point data of the core plots was used to calculate ANOVA for a randomised complete block model with plot sampling. ARCVIEW Version 3.2 was used for data visualisation and interpolation and SPSS Version 10 for the statistical analysis.

Results and Discussion

The planning and implementation of the trials was very easy and time efficient. Yield data could also be easily identified in the respective plots via GIS. Yield data was first corrected and inconsistent measurements were excluded.

Trial Icker: ANOVA based on point data resulted in a very high F-value of the Block x Treatment interaction). The yield map indicated a significant linear E-W trend which was verified by a regression analysis. Therefore ANCOVA was conducted using the

* Fachhochschule Osnabrueck, Oldenburger Landstrasse 24, 49090 Osnabrueck

easting as covariate. ANCOVA reduced both the experimental error (E) and the sampling error (S). The Coefficients of variation were 3.3% and 7,5% respectively, which is low for the plot size under observation. The residues were normally distributed.

The ANOVA of the trial Wellenkamp also resulted in non significant differences between the factor levels. Coefficients of variation for experimental error and sampling error were low with 3,5% and 8.8 % respectively. Assumptions of ANOVA seemed to be fulfilled.Conclusions:

The GPS-based site specific management enabled to conduct simple on-farm experiments. Trials were set up easily via application maps. Proper Data aquisition requires careful harvesting. The yield data points still have to be checked and eventually corrected (hl-weight etc.). As a consequence of on-farm experimentation plot size is big. Trial Icker showed a significant soil trend which could be reduced substantially by ANCOVA using the Easting as covariate. Trial Wellenkamp did not show these problems. Coefficients of variation were comparatively low. Because of the huge plot and block sizes the risk of capturing soil heterogenity is high. Therefore the use of latin squares seems to be an interesting alternative if the spatial variability of soil heterogenity is unknown

References:

Dabbert, S.; Kilian, B. (2002): Ökonomie. – In: Precision Agriculture – Herausforderung an Integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis, ISBN 3-9808279-0-9, S. 423-446, Darmstadt

Gomez, K.; Gomez, A. (1984): Statistical Procedures for Agricultural Research;ISBN 0-471-87092-7; S. 241-222, New York.

Whelan, B. M., McBratney, A. B., Stein, A., Cupin, J.(2003): On-farm field experiments for precision agriculture; Proceedings of the joint conference of ECPA-ECPLF; ISBN 9076998345, Wageningen Academic Press, Wageningen, Netherlands.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 284–285 (2003)

Pfluglose Bestelltechniken im Ackerbau – Strategie zur Minderung diffuser Herbizid- und Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer

F. Erlach, F. F. Gröblinghoff und N. Lütke Entrup*

Einleitung

Um die Entwicklung von Strategien zur Minderung von Stoffeinträgen in die Oberflächengewässer voranzutreiben, ist es notwendig die Eintragspfade zu lokalisieren und zu quantifizieren (BACH u. FREDE 2003). Vor allem bei den nur schwer zu erfassenden diffusen Quellen von ackerbaulich genutzten Flächen geben Feldversuchsreihen unter natürlichen Bedingungen Aufschluss über die tatsächliche Bedeutung dieser Belastungspfade. Pfluglose Bestelltechniken wie die konservierende Bodenbearbeitung oder das Direktsaatverfahren können zur Minimierung des Pflanzenschutzmittel- und Nährstoffeintrages in die Oberflächengewässer beitragen. In den Jahren 1998 bis 2002 wurde dazu auf einem erosionsgefährdeten Ackerstandort in Nordrhein-Westfalen eine Feldstudie zum Austrag von Herbiziden durch Oberflächenabfluss (Runoff) mit 3 Bodenbearbeitungsvarianten in 3 verschiedenen Kulturen (Mais, Winterraps, Winterweizen), unter natürlichen Niederschlagsbedingungen durchgeführt. Die dabei ausgetragenen Mengen an Bodenmaterial, Herbiziden und Nährstoffen wurden quantifiziert und eine Bewertung der Bearbeitungsvarianten hinsichtlich ihrer Anfälligkeit für Oberflächenabfluss und Stoffverlagerung vorgenommen. Im Folgenden werden die Ergebnisse exemplarisch für die Kultur Mais mit den Herbiziden Metolachlor, Pendimethalin und Terbuthylazin vorgestellt.

Material und Methoden

Die Feldversuchsfläche (ca. 3 ha) am Haarstrang (NRW, Kreis Soest) bestand aus 5 gleich großen (0,3 ha) Anbauflächen mit einer 3 (Raps-Weizen-Gerste) und einer 2 feldrigen (Mais-Weizen) Fruchtfolge. Bei dem am Standort vorkommenden Bodentyp handelte es sich um eine Braunerde aus lösshaltigem Kalksteinverwitterungslehm über Kreidekalke. Die Hangneigung betrug 7 %, die Textur des Oberbodens ist ein Tu 3 mit ca. 45 % Ton- und 53 % Schluffanteil. Der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 898 mm (330–340 m ü. NN). In jeder Kultur sind 3 Bestelltechniken, Pflug, konservierend (Mulchsaat) und die Direktsaat angewandt worden. In allen Versuchsjahren wurde Mais mit einer direktsaatfähigen Einzelkorn-Drillmaschine gesät und das Herbizidpräparat „STENTAN“ jeweils im Mai, mit einer Aufwandmenge von 6 l/ha ausgebracht. Die darin enthaltenen Wirkstoffe ergaben eine Applikationsmenge von 1450 g/ha an Metolachlor, 990 g/ha für Pendimethalin und für Terbuthylazin 750 g/ha. Für jede Bearbeitungsvariante (3 x 500 m^2, n = 2) sind 2 mit Zinkblechen begrenzte Großparzellen (3 x 50 m, n = 2) als Versuchsplots (3 x 2) aufgebaut worden. Am Ende der Plots befand sich eine Ablaufvorrichtung, die den anfallenden Oberflächenabfluss zu einem Messsystem leitete. Es registrierte die Menge und den Zeitpunkt des Oberflächenabflusses über eine elektronisch gesteuerte Mechanik (SEYFARTH et al. 1993). Bei Abflussereignissen erfolgte eine automatische Probennahme in 1 l Braunglasflaschen nach einer initiierten Sequenz. Eine Klimastation zeichnete alle notwendigen Niederschlagsdaten auf. Die Abflussproben wurden auf ihren Sedimentgehalt sowie auf ihren Gehalt an Herbiziden und Nährstoffen untersucht. Die Dauer der Messphase richtete sich nach der Erosionsanfälligkeit der Kul-

* Fachhochschule Südwestfalen, Lübecker Ring 2, 59494 Soest

tur. Für den am Versuchsstandort angebauten Mais ist das die Zeit von Anfang Mai bis Ende Juli.

Ergebnisse und Diskussion

Das Ausmaß des Boden- und Stoffaustrages wurde durch eine Konzentrations-Abfluss-Beziehung (Extrapolationsmethode) bestimmt. In Abb. 1 sind die Frachtsummen des ausgetragenen Bodens, der Herbizide und Nährstoffe in den Jahren 1998, 1999 und 2001 dargestellt.

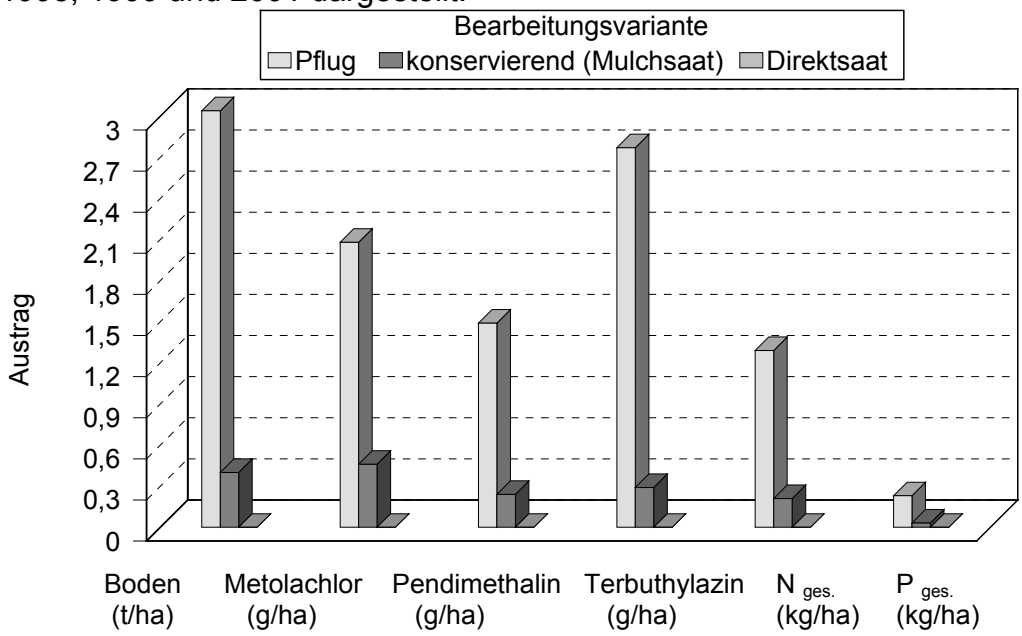


Abb. 1: Bodenabtrag sowie Herbizid- und Nährstoffausträge mit dem Oberflächenabfluss auf 3 Bearbeitungsvarianten während der Versuchsjahre 1998-2001 im Mais

Während der 5 jährigen Feldstudie im Mais mit den Wirkstoffen Metolachlor, Pendimethalin und Terbuthylazin wurden Austräge bis zu 0,3 % (Terbuthylazin, 2001) eines applizierten Wirkstoffes für die Pflugvariante errechnet. Auf der Variante mit konservierender Bodenbearbeitung (Mulchsaat) waren es bei gleichem Wirkstoff und Versuchsjahr nur 0,03 %. Kurzfristig traten hohe Herbizidkonzentrationen im Runoff-Wasser (98 µg/l) und Runoff-Sediment (950 µg/kg) auf, wobei es keine Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten Pflug und Mulchsaat gab. Die höchsten Frachtsummen eines Versuchsjahres (1998) an Gesamt-N lagen in der Pflugvariante bei 0,78 kg/ha und an Gesamt-P bei 0,2 kg/ha. Auf der Variante mit Mulchsaat sind die im selben Jahr 1998 ausgetragenen Mengen an Gesamt-N mit 0,11 kg/ha errechnet worden und an Gesamt-P mit 0,03 kg/ha. Bei Mulchsaat verringerte sich der Bodenabtrag in den Versuchsjahren gegenüber der Pflugvariante zwischen 87 und 100 %. Parallel zu den Abtragsmessungen reduzierte sich der Herbizidaustrag bei Mulchsaat zwischen 75 und 98 %. Bei N ges. (84 %) und P ges. (87 %) waren ähnliche Tendenzen festzustellen. In der Direktsaatvariante trat in allen Versuchsjahren kein messbarer Oberflächenabfluss mit Boden- und Stoffabtrag auf.

Literatur

BACH, M. u. FREDE, H.-G. (2003): Pflanzenschutzmittel in Gewässern – Ansätze zur Feststellung signifikanter Belastungen nach WRRL. In: Wasser & Boden, Nr. 55/1 + 2, S. 36–42.

SEYFARTH, M.; DEUMLICH, D.; FRIELINGHAUS, M.; HELMING, K. u. H. PFÜETZENREUTER (1993): Messsystem zur automatischen Registrierung des Oberflächenabflusses und zur abflussabhängigen Probenahme. In: Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Boden, Bd. 37, S. 379–385.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 286–287 (2003)

Untersuchungen zur Wirkung einer einmalig variierten Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung, Verunkrautung und Nitratauswaschung unter den Produktionsbedingungen des Ökologischen Landbaus

Häberle, A.*, Pekrun, C.*, Claupein, W.*, Köhler, S.**, Stahr, K.**, Römheld, V.***

Einleitung

Nitrat als Pflanzennährstoff trägt zu erheblichen Belastungen des Trinkwassers in vielen landwirtschaftlich genutzten Wassereinzugsgebieten bei. Eine Reduzierung dieser Nitrataustäge von Seiten der Landwirtschaft gestaltet sich durch komplexe Zusammenhänge von Standortfaktoren, Bewirtschaftungsweisen und unterschiedlichen Düngungstechniken sehr schwierig. Der Ökologische Landbau stellt eine Bewirtschaftungsweise dar, die gänzlich auf den Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel verzichtet, doch Austräge von Nitrat mit dem Sickerwasser sind auch hier zu finden. Die Neufassung der Schutz-und Ausgleichsverordnung (SchALVO), verabschiedet im Februar 2002, ist darauf ausgerichtet, Nitrataustäge von landwirtschaftlich genutzten Flächen durch gezielte pflanzenbauliche Maßnahmen (Begrünung über Winter, pfluglose Bearbeitung zu Wintergetreide nach N-intensiven Vorfrüchten) auf einem möglichst niedrigen Niveau zu halten. Für ökologisch wirtschaftende Betriebe ist eine zeit- und bedarfsgerechte Bodenbearbeitung oft nicht einzuhalten. Dies kann Probleme sowohl in der Unkrautkontrolle als auch in der Schädlingsbekämpfung mit sich bringen. Ziel der Untersuchung ist es, zu überprüfen, ob bestimmte Verfahren der Bodenbearbeitung tatsächlich zu erhöhten N-Austrägen führen und ob die in der SchALVO genannten pflanzenbaulichen Maßnahmen zu einer Beeinträchtigung der Anbauverfahren im Ökologischen Landbau führen.

Material und Methode

Die Untersuchungen sind auf sechs Standorten in drei Regionen auf drei unterschiedlichen, für Baden-Württemberg typischen Bodentypen (Main-Tauber-Kreis=Muschelkalk, Schwäbische Alb=Kalk, Gäu=Löß) angelegt. Die Versuchsflächen liegen in Wasserschutzgebieten, die als Problem- oder Sanierungsgebiete nach SchALVO ausgewiesen sind. In jeder Region werden im Anschluss an die Ernte von N- intensiven Kulturen (Ackerbohnen, Erbsen, 1-jährige Futterleguminosen, Kartoffeln, Mais) die Wirkungen verschiedener Verfahren und Zeitpunkte der Stoppel- und Grundbodenbearbeitung (ordnungsgemäße Landwirtschaft (ogL) und SchALVO angepasste Termine) auf die Höhe der Nitratauswaschung, den Unkrautdruck und das Vorkommen von Krankheiten und Schädlingen untersucht.

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart
** Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, Emil-Wolff-Straße 27, 70599 Stuttgart
*** Institut für Pflanzenernährung, Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 20, 70599 Stuttgart

Varianten der Bodenbearbeitung:

1. Stoppelbearbeitung, Pflug (Oktober), Aussaat Winterung (**ogL**)
2. reduzierte Bodenbearbeitung mit Grubber (Oktober), Aussaat Winterung (**SchALVO**)
3. Stoppelbearbeitung, Begrünung, Pflug (November), Aussaat Sommerung (**ogL**)
4. Belassen der Stoppel bis 1.12., Pflug (Dezember), Aussaat Sommerung (**Alternative** ►bei später Ernte, wenn keine Begrünung mehr möglich ist)
5. Stoppelbearbeitung, winterharte Begrünung, Pflug (Februar), Aussaat Sommerung (**SchALVO**)

► 4 Wiederholungen/Versuchsfeld

Auf allen Standorten werden der Aufgang der Kulturpflanze, die Bestockung und der Ertrag der Kulturpflanzen bestimmt. Unkrautbonituren werden im Keimblattstadium des Getreides, in der Bestockungsphase und vor dem Schossen durchgeführt (10*Göttinger-Schätzrahmen/Parzelle). Eventuell auftretende Krankheiten oder Schädlinge im Kulturpflanzenbestand werden erfasst. Das Ziehen von Nmin-Proben (30, 60, 90 cm) erfolgt in regelmäßigen Abständen (8 Bohrstockeinschläge/Variante). TDR-Sonden, Tensiometer und Saugkerzen (Erfassung des Wasserhaushaltes und des verlagerten Nitrats) sind eingebaut. Zusätzlich erfolgte in 80 cm Tiefe die Installation von Nitratfallen (SIA-Systeme).

Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Standort einen großen Einfluss auf die Folgewirkungen der Bodenbearbeitung ausübt. Zwischen den sechs Versuchsfeldern sind Unterschiede im Gesamtunkrautaufkommen zu erkennen, zwischen den einzelnen Bodenbearbeitungsvarianten lassen sich aufgrund des kurzen Versuchszeitraumes keine signifikanten Unterschiede ausmachen (vgl. Abb.1).
Im Hinblick auf die erhobenen Parameter Feldaufgang und Bestockung der Kulturpflanze zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten.

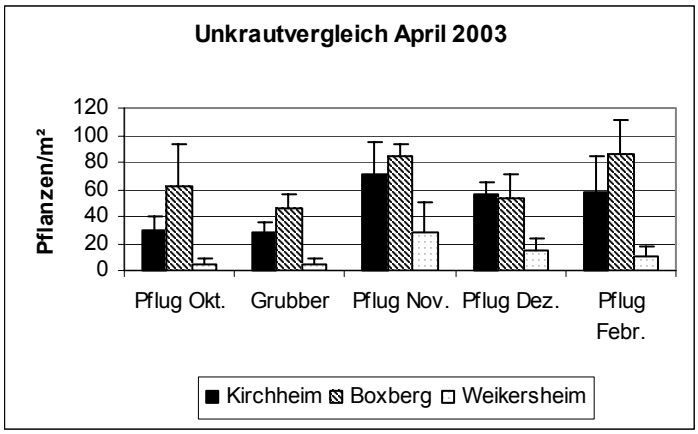


Abb. 1: Unkrautbonitur (Bsp.)

Literatur

Haas, G. (2001): Organischer Landbau in Grundwasserschutzgebieten: Leistungsfähigkeit und Optimierung des pflanzenbaulichen Stickstoffmanagements. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin.

Timmermann, F. (1994): Umsetzung der SchALVO-Effizienz im Hinblick auf die Verminderung von Nitrateinträgen, KTBL Arbeitspapier 206, 119-135.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 288–289 (2003)

Einfluss langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Humusgehalt und biologische Bodeneigenschaften

B. Hofmann[1], S. Tischer[2] und O. Christen[1]

Einleitung

Langzeitwirkungen von acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen sind für die Bewertung der Bodenfruchtbarkeit unentbehrlich. Das trifft vor allem für die Bodenbearbeitung zu, da diese einen gravierenden Eingriff in das Bodenleben darstellt und die Wechselwirkungen zwischen Bodengefüge, Humus und bodenbiologischen Prozessen maßgeblich beeinflusst (Beck 1991, Larink 1998). In einem Dauerversuch wurden deshalb die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Humusgehalt, Lumbricidenfauna, mikrobielle Biomasse (SIR-Methode) und die Enzymaktivitäten ß-Glucosidase, Arginin-Desaminierung sowie Katalase untersucht.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in der Lehr- und Versuchsstation Seehausen/Leipzig (Parabraunerde-Pseudogley, schluffig-lehmiger Sand, 12 % Ton, 1.0 % $C_{org,}$ mittl. Jahrestemperatur 9.1 °C, mittl. Jahresniederschlag 552 mm) der Martin-Luther-Universität durchgeführt. In einem langjährigen Feldversuch (1. Erntejahr 1966) wurden mit Änderung einiger Varianten infolge Landentzug folgende Bearbeitungen geprüft:

1. **Pflügen 25 cm** (seit 1966 unverändert)
2. Grubbern 25 cm (Flügelschargrubber), bis 1990 Pflügen 25-35 cm
3. **Pflügen 15 cm** (seit 1966 unverändert)
4. **Grubbern 15 cm** mit Flügelschargrubber (seit 1966 unverändert)
5. Kreiselgrubber 10 cm, bis 1990 Pflügen 25/pfluglos 10 cm
6. Direktsaat (Zinkendrillmaschine), bis1990 Pflügen 25/Tieflockerung 45 cm.

Über die angewandten Untersuchungsmethoden informiert Tischer (2000).

Ergebnisse und Diskussion

Die unterschiedliche Bodenbearbeitung führt zu Differenzierungen bei den absoluten Humusmengen im Ap-Horizont. Sie wirkt sich aber wesentlich stärker auf die vertikale Verteilung in der Krume aus. Nichtwendende Bodenbearbeitung reichert besonders die Oberkrume (0-5, 5-10 cm) mit Humus an (Tab. 1). Die Gehalte der mikrobiellen Biomasse und des leicht löslichen umsetzbaren Kohlenstoffs (C_{hwl}) korrelieren eng mit dem Humusgehalt. Durch nichtwendende Bodenbearbeitung (z. B. Grubbern 15 cm) steigt der Humusgehalt im Ap-Horizont um 9% (4,1 t/ha) an. Diese Menge entspricht einer Konservierung von 15.2 t CO_2/ha. Bei Rückkehr zu intensiver konventioneller Bodenbearbeitung kann es durch die hohen Gehalte an mikrobieller Biomasse bereits kurzzeitig zu einer erheblichen C- und N- Mobilisierung mit potenzieller N- Austragsgefährdung kommen. Der Gehalt an organischer Substanz korreliert ebenfalls eng mit den Enzymaktivitäten. Die Arginin-Desaminierung ist bei

[1] Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str.2, 06108 Halle/Saale
[2] Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Weidenplan 14, 06108 Halle/Saale

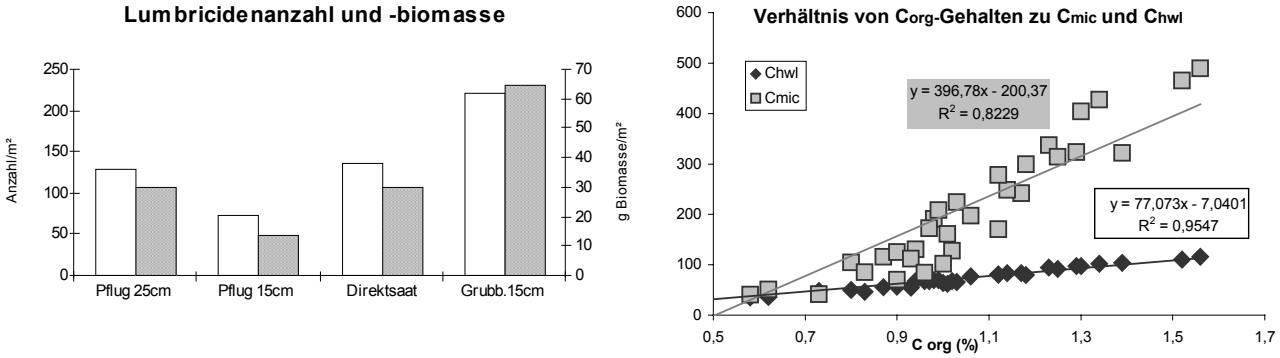


Abb. 1: Lumbricidenanzahl sowie –biomasse (links) und Zusammenhang zwischen mikrobieller Biomasse und Humusgehalt (rechts)

mitteltiefer Bearbeitung mit Pflug durch intensive Durchlüftung besonders hoch. Dadurch wird die N-Mineralisierung gefördert. Die höchste Lumbricidenbiomasse und -anzahl wurde bei flachem Grubbern (Abb. 1) festgestellt, die niedrigsten Werte nach flachem Pflügen, bei dem eine deutliche Dezimierung der Lumbriciden eintritt.

Tab. 1: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Kohlenstoffgehalt, mikrobielle Biomasse und Enzymaktivitäten im Boden

Bearbeitg./Tiefe	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
Organischer Kohlenstoff (C_{org}), M-%						
Pflügen 25 cm	1.03	0.98	0.97	1.06	0.94	0.38
Grubbern 15 cm	1.56	1.39	1.12	0.96	0.73	0.38
Heißwasserlöslicher Kohlenstoff (C_{hwl}), mg/100g Boden						
Pflügen 25 cm	32.7	34.6	33.7	38.4	33.9	15.3
Grubbern 15 cm	58.0	51.8	40.5	34.0	24.0	14.9
Mikrobielle Biomasse (C_{mic}), µg C/g Boden						
Pflügen 25 cm	224.8	191.0	172.7	197.7	130.4	33.3
Grubbern 15 cm	490.1	321.6	170.6	84.4	41.7	32.4
ß-Glucosidase, µg Saligenin/g Boden						
Pflügen 25 cm	23.7	24.9	28.3	23.6	23.1	10.8
Grubbern 15 cm	92.0	45.9	28.0	20.6	9.6	9.0
Arginin-Desaminierung, µg N/g Boden						
Pflügen 25 cm	1.04	0.88	1.12	1.09	1.17	0.02
Grubbern 15 cm	1.25	0.92	0.59	0.09	0.02	0.02
Katalaseaktivität						
Pflügen 25 cm	9.2	7.9	8.4	9.9	6.9	2,0
Grubbern 15 cm	20.9	11.5	7.3	4.7	2.8	1.7

Literatur

Beck, Th., 1991: Forschungsbedarf im Zusammenhang mit den Zielvorstellungen der Mess- und Voraussagbarkeit von Elementen und Prozessen der Bodenfruchtbarkeit: Bodenbiologische Prozesse. Berichte über Landwirtschaft, SH 203, S. 85-99.

Larink, O., 1998: Bodenbearbeitung und Bodenleben. KTBL- Schrift 266, S. 80-87.

Tischer, S., 2000: Veränderungen der mikrobiologischen Aktivität nach Bewirtschaftungswechsel. In: Die Entwicklung von Fauna , Flora, und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau. UZU-Schriftenreihe, Neue Folge, S. 101-107

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 290–291 (2003)

Einfluss langjährig unterschiedlicher Bearbeitungsintensität auf physikalische Bodeneigenschaften, Humusgehalt und Wintergerstenertrag

J. Rücknagel*, B. Hofmann**, O. Christen**

Einleitung

Ökonomische Zwänge und gesetzliche Bestimmungen zum Schutz des Bodens (BBodSchG, 1998) veranlassen den Landwirt in zunehmendem Maße die Intensität der Bodenbearbeitung dauerhaft zu reduzieren. Der folgende Beitrag berichtet anhand eines Feldversuches über Langzeitwirkungen nichtwendender Bodenbearbeitung auf das Bodengefüge und den Kornertrag bei Wintergerste.

Material und Methoden

In dem 1984 in der Lehr- und Versuchsstation Seehausen bei Leipzig angelegten Systemversuch zur schonenden Bodenbearbeitung wurden verschiedene bodenphysikalische Parameter, der Humusgehalt und der Kornertrag untersucht. Der Versuchsstandort ist mit einer mittleren Jahrestemperatur von 9,1° und einem mittleren Jahresniederschlag von 552 mm durch das ostdeutsche Binnenlandklima geprägt. Es handelt sich hierbei um den Bodentyp Parabraunerde – Pseudogley. Die Bodenart ist bis in eine Tiefe von 4 dm schluffig–lehmiger Sand. Der Versuch mit der Fruchtfolge Ölrettich/Zuckerrüben – Winterweizen – Ölrettich/Silomais – Winterweizen – Wintergerste beinhaltet die Varianten der mitteltief wendenden Grundbodenbearbeitung („Pflug“) und der flachen Grubberbearbeitung („Grubber“). Die Untersuchungen fanden unter Wintergerste statt.

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten differenziert sich nach 16 Versuchsjahren eine charakteristische Abfolge der untersuchten Merkmale in Oberkrume, Unterkrume und Krumenbasis heraus. Im **oberen Krumenbereich** ist nach langjährigem Pflugverzicht eine deutliche Anreicherung von C_{org} festzustellen. Dies bewirkt tendenziell die Verringerung der Trockenrohdichte und Erhöhung der nutzbaren Feldkapazität. Die sehr hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit der Grubbervariante lässt sich auf eine weniger starke Verschlämmung des Oberbodens und das Vorhandensein zahlreicher Wurmröhren zurückführen. Durch Unterlassung der mechanischen Lokkerung der **Unterkrume** bei „Grubber“ kommt es zur deutlichen Zunahme der Trokkenrohdichte und des Penetrometerwiderstandes sowie zur Abnahme der nutzbaren Feldkapazität. Diese Kompaktierung geht aber nicht mit der Überschreitung kritischer Lagerungsdichtewerte (PETELKAU et al. 2000) einher. Die Schaffung eines lockeren, isotropen Gefüges durch Einsatz des Pfluges führt zu mittleren bis hohen gesättigten Wasserleitfähigkeiten. Trotz hoher Trockenrohdichte sind die nur tendenziell niedrigeren kf – Werte in der Unterkrume beim Grubber aus den vertikal gerichteten, von Regenwürmern und Wurzeln geschaffenen, Grobporen zu erklären. Die unterbleibende Einarbeitung von Ernterückständen und organischen Düngern hat

* Landesanstalt für Pflanzenschutz und Pflanzenbau, Essenheimer Str. 144, 55128 Mainz
** Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Fakultät, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle(Saale)

die Abnahme des C_{org} Gehaltes bei der pfluglosen Bearbeitung zur Folge. In der **Krumenbasis** zeigen sich zwischen den Bearbeitungsvarianten keine Unterschiede bei den untersuchten Merkmalen. Auffällig sind aber die geringen Leitfähigkeiten, die in Verbindung mit den an der Grenze zur Schadverdichtung gelegenen Trockenrohdichtewerten (PETELKAU et al. 2000) auf das Vorhandensein einer alten Pflugsohle hindeuten.

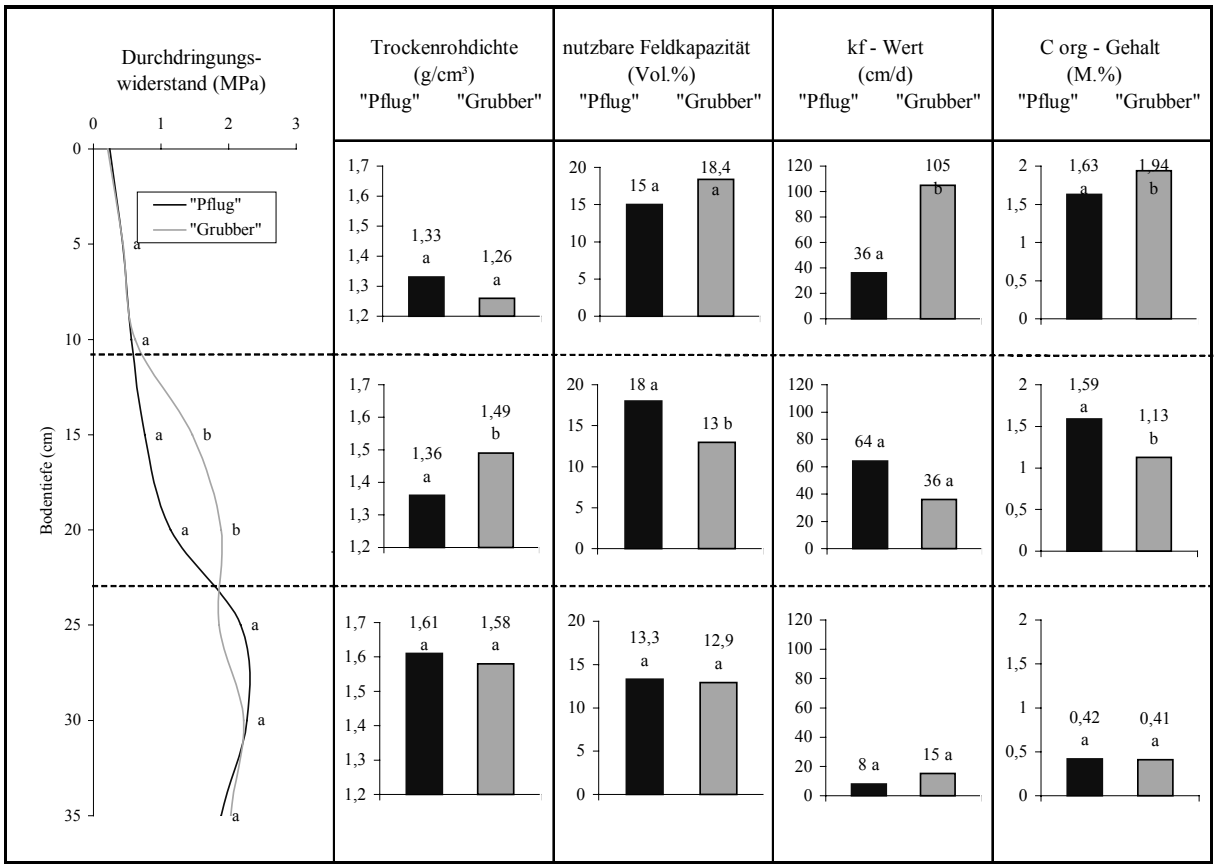


Abb. 1: Bodenphysikalische Eigenschaften und C_{org}-Gehalt der Bodenbearbeitungsvarianten „Pflug“ und „Grubber“ in Oberkrume, Unterkrume und Krumenbasis

Das Ertragsniveau bei Wintergerste variierte im Versuchszeitraum von 58 dt/ha im Trockenjahr 1992 bis 119 dt/ha im Jahr 2001. Mit Ausnahme der Erntejahre 1999 und 2000, in denen bei Grubberbearbeitung 16,4 dt/ha und 30,7 dt/ha weniger als bei Pflugbearbeitung geerntet wurde, gab es zwischen den Varianten keine signifikanten Ertragsunterschiede. Im Mittel des Gesamtversuches war die Grubberbearbeitung dem Pflug ertraglich nur geringfügig unterlegen. Die Wintergerste bewies in einzelnen Jahren ein hohes Kompensationsvermögen bei dünneren Ausgangsbeständen.

Literatur

PETELKAU, H.; SEIDEL, K.; FRIELINGHAUS, M. (2000): Ermittlung des Verdichtungswiderstandes von Böden des Landes Brandenburg und Bewertung von Landmaschinen und landwirtschaftlichen Anbauverfahren hinsichtlich der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen durch die Verursachung von schwer regenerierbaren Schadverdichtungen. Müncheberg: Institut für Bodenlandschaftsforschung. Werkvertrag Nr. 350.214

BBodSchG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. Bundesgesetzblatt 1998. Teil 1, Nr. 16. S 502-510

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 292–293 (2003)

Wirksamkeit mechanischer Unkrautbekämpfung im Sommerweizen und in Wintergerste in Abhängigkeit von der Düngungsmethode

Jan Adamiak, Arkadiusz Stępień*

Einleitung

Auf ökologischen Bauernhöfen wird die Verunkrautung der Pflanzen meist mit mechanischen Methoden reguliert. Wegen des engen Reihenabstands wird das Unkraut im Getreide durch ein- bis dreimaliges Eggen bekämpft. Die Wirksamkeit des Eggens hängt vor allem von der Entwicklungsphase des Unkrauts und auch von der Nutzform des Getreides ab [NEUERBURG 1994, ADAMCZEWSKI & DOBRZAŃSKI 1997].

Zweck dieser Arbeit ist der Vergleich der Wirksamkeit des Eggens bei der Unkrautbekämpfung im Sommerweizen und in Wintergerste – abhängig von der Düngungsmethode.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 1994-2000 in einem eng statischen Experiment in der Produktions- und Versuchsanstalt Bałcyny bei Olsztyn auf mittelstaubiger Fahlerde aus leichtem Lehm durchgeführt. Das Getreide wurde in einer Drei-Feld-Fruchtfolge angebaut: Zuckerrübe – Sommerweizen – Wintergerste. Folgende Düngungsmethoden wurden berücksichtigt: A – nur Mineraldüngung (unter Getreide: N- 0-120 $kg \cdot ha^{-1}$; P-30,6 $kg \cdot ha^{-1}$; K-83,0 $kg \cdot ha^{-1}$); B – Stalldung 30$t \cdot ha^{-1}$ unter Zuckerrübe zusätzlich Mineraldüngung wie bei A; C – Stroh- bzw. Gründüngung (unter Weizen: 40$t \cdot ha^{-1}$ Rübenblatt, unter Gerste: 4 $t \cdot ha^{-1}$ Weizenstroh, angereichert mit 40 kg N) und zusätzlich Mineraldüngung wie unter A; D – ökologische Düngung mit - 40$t \cdot ha^{-1}$ Kompost (30t unter die Rübe sowie 10t unter Gerste), zusätzlich mit biodynamischen Präparaten. Unkraut wurde durch zweimaliges Eggen bekämpft. Der erste Eingriff erfolgte in der 3-4-Blatt-Phase des Getreides (bei Gerste im Herbst), der zweite wurde im Sommerweizen nach 12-14 Tagen, in der Wintergerste im Frühjahr nach Beginn der Vegetationsperiode vorgenommen. Die Verunkrautung wurde kurz vor dem ersten Eggen und nach 1-2 Tagen nach dem zweiten Eggen auf einer Fläche von 0,5 m^2 des Versuchsfeldes bewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Düngungsmethoden differenzierten den Unkrautaufgang in beiden Getreidearten (Tab. 1). Im Sommerweizen wurde der Unkrautaufgang durch die Mineraldüngung gefördert (A) und durch die ökologische Düngung gehemmt (D). In Wintergerste förderte die Stroh- und die Mineraldüngung die zahlreichsten Unkrautaufgänge (C). Auf den übrigen Objekten war der Verunkrautungsgrad praktisch gleich.

Durch zweimaliges Eggen wurde die Verunkrautung des Sommerweizens um 49,5% und der Wintergerste um 45,4% gemindert. Sofern das erzielte Ergebnis bei Wintergerste annähernd dem Ergebnis für Sommergetreide von RASMUSSEN et al. [2000] ist, so gestaltet es sich bei Sommerweizen bedeutend schlechter. In beiden Getreidearten wurde Unkraut am wirksamsten auf dem ökologisch gedüngten Objekt bekämpft. Beobachtet wurde, dass dieselben Unkrautarten mit diversem Resultat im einzelnen Getreide bekämpft worden waren (Tab. 2). Im Winterweizen wurden ziemlich wirksam *Poa annua, Viola arvensis, Veronica arvensis* und *Myosotis arvensis*

* Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Plac Łódzki 3, 10-718 Olsztyn

bekämpft, dagegen wurden sie in Wintergerste überhaupt nicht (*Veronica arvensis, Capsella bursa-pastoris*) oder auch nur geringfügig vernichtet (*Poa annua*). Wiederum *Thlaspi arvense* und *Chenopodium album* wurden bedeutend effektiver in Wintergerste als im Sommerweizen bekämpft. Mit ähnlicher Wirkung wurden in beiden Getreidearten *Matricaria inodora, Stellaria media* und *Lamium amplexicaule* eliminiert. Das Eggen vernichtete das mehrjährige Unkraut nicht, im Gegenteil, es förderte seine Entwicklung, besonders in Wintergerste.

Tab. 1: Unkrautmenge in St.·m^{-2} vor (1) und nach (2) den Pflegemaßnahmen sowie die Wirksamkeit des Eggens bei der Unkrautvernichtung (3) in %.

Düngungs-methode	Getreide					
	Sommerweizen			Wintergerste		
	1	2	3	1	2	3
A	221,4	114,0	48,5	127,9	78,0	39,0
B	203,4	107,4	47,2	126,5	71,3	43,6
C	185,8	95,1	48,8	147,0	74,8	49,1
D	146,9	68,1	53,6	128,9	64,9	49,7
Mittel	189,4	96,2	49,5	132,6	72,3	45,4

Tab. 2: Wirksamkeit der Unkrautvernichtung durch das Eggen bei einzelnen Unkrautarten

Unkrautarten	Sommerweizen			Wintergerste		
	1*	2	3	1	2	3
	St.·m^{-2}	St.·m^{-2}	%	St.·m^{-2}	St.·m^{-2}	%
Thlaspi arvense	45,8	23,5	48,7	26,4	7,2	72,7
Matricaria inodora	33,6	16,8	50,0	26,7	15,6	41,6
Stellaria media	16,2	9,1	43,8	24,5	13,2	46,1
Lamium amplexicaule	14,4	6,5	54,9	12,1	5,2	57,0
Myosotis arvensis	8,6	3,1	64,0	7,2	4,3	40,3
Viola arvensis	9,8	3,2	67,3	7,9	4,3	45,6
Chenopodium album	31,3	19,3	38,3	5,7	2,1	63,2
Veronica arvensis	2,7	0,9	66,7	5,6	5,6	0,0
Capsella bursa-pastoris	9,0	5,1	43,3	3,6	3,9	+
Poa annua	2,8	0,5	82,1	2,8	2,0	18,6
Cirsium arvense	1,1	1,1	0,0	1,3	1,4	+
Sonchus arvensis	3,2	2,8	12,5	2,2	2,2	0,0
Equisetum arvense	1,3	1,5	+	0,2	0,3	+

1 – vor dem Eggen; 2 – nach dem Eggen; 3 – Unkrautvernichtung in %; + - Wirksamkeitsschwund (Zunahme des Besatzes)

Literatur

Adamczewski K., A Dobrzański, 1997: Regulowanie zachwaszczenia w integrowanych programach uprawy roślin. Prog. Plant Protection, vol.37(2), 177-179.

Neuerburg W., 1994. Ograniczanie zachwaszczenia. W: Rolnictwo ekologiczne w praktyce. Wyd. SGGW Warszawa: 79-89.

Rasmussen I. A., B. Meander, K. Rasmussen, R.K. Jensen, P.K. Hansen, G. Rasmussen, S. Christensen, J. Rasmusen, 2000. Recent advances in weed management in cereals in Denmark. In: Proccedings 13th 28-31.08.2000 IFOAM Scientific Conference.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 294–295 (2003)

Photobiologische Verunkrautungsregulierung im Winterweizen

Ewa Adamiak, Jan Adamiak*

Einleitung

Bisherige Experimente mit nächtlicher Bodenbearbeitung in Deutschland, Dänemark und den USA ergeben in der Regel eine geringere Verunkrautung der Pflanzen im Vergleich mit dem tagsüber bearbeiteten Boden [HARTMANN & NEZADAL 1990, JENSEN 1992, GERHARDS et al.1998]. Einige Veröffentlichungen weisen jedoch darauf hin, dass die nächtliche Bodenbearbeitung keine positiven Ergebnisse erwarten lässt [NIEMANN 1996]. Die Diskrepanz der Ergebnisse ermutigt zur Überprüfung der photobiologischen Methode der Verunkrautungsregulierung unter verschiedenen klimatischen Bodenverhältnissen. Unser Ziel war, diese Methode unter den spezifischen Lebensraumverhältnissen von Nord-Ost-Polen zu testen.

Material und Methoden

Das eng statische Feld-Experiment in vier Wiederholungen wurde in der Produktions- und Versuchsanstalt Bałcyny bei Olsztyn 2001 auf mittelstaubiger Fahlerde eingerichtet, auf einem stark verunkrauteten Feld, auf dem zuvor Getreide ohne jeden Schutz mehrmals angebaut worden war. In diesem Beitrag wurden zweijährige Versuchsergebnisse des Einflusses der nächtlich durchgeführten Bodenbearbeitung und Aussaat auf die Verunkrautung des Winterweizens zu Beginn seiner Entwicklung dargestellt. Auf dem Kontrollobjekt wurden Bodenbearbeitung und Aussaat tagsüber durchgeführt. In den Vergleichen wurde die Bodenbearbeitung mit dem Pflug und mit der Scheibenegge berücksichtigt.

Die Verunkrautung des Winterweizens wurde zu drei Zeitpunkten bewertet: 1. in der 1-2-Blattphase, 2. in der 3-4-Blattphase und 3. im Frühjahr nach Beginn der Vegetationsperiode an den gleichen Stelle der einzelnen Versuchsfelder.

Ergebnisse und Diskussion

Zu allen Bewertungszeitpunkten wurde beobachtet, dass die nächtliche Bodenbearbeitung und Aussaat die Verunkrautung des Winterweizens wesentlich minderte (Tab. 1). Erfolgreicher war die Bodenbearbeitung mit dem Pflug vor der Aussaat. Das nächtliche Pflügen hemmte die Verunkrautung durchschnittlich um 27,5%, wobei die höchsten Differenzen zum ersten Bewertungszeitpunkt festgestellt wurden. Das mit der Scheibenegge bearbeitete Objekt ergab eine geringere Reduktion der Verunkrautung, die durchschnittlich bei 18,9% lag. Die Wirksamkeit der nächtlichen Bearbeitung wuchs in diesem Fall mit den nächsten Bewertungszeitpunkten von 11,1 auf 22,9%. Die erzielte Minderung der Verunkrautung ist bedeutend geringer als die von HARTMANN und NEZADAL [1990] sowie GERHARDS et. al. [1998] dargestellte.

Von denen im Winterweizenfeld dominierenden Unkrautarten – unabhängig von der Bearbeitungsmethode (Pflug, Scheibenegge) – wurden dank der nächtlichen Bodenbearbeitung am wirksamsten *Galium aparine*, *Viola arvensis* und *Apera spica-venti* gehemmt, weniger wirksam *Myosotis arvensis* und *Lamium amplexicaule*, ziemlich schwach *Thlaspi arvense* und *Matricaria inodora* (Tab. 2). Beobachtet wurde, dass die nächtliche Bodenbearbeitung die Entwicklung solcher Arten wie *Capsella bursa-pastoris, Veronica arvensis* und vor allem *Poa annua* direkt stimulierte. Interessant

* Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Plac Łódzki 3, 10-718 Olsztyn

reagierte *Stellaria media*. Die nächtliche Bodenbearbeitung mit dem Pflug minderte ihren Aufgang, dagegen steigerte die nächtliche Bodenbearbeitung mit der Scheibenegge entschieden ihre zahlenmäßige Population. Resümierend ist zu sagen, dass die Bearbeitung des Bodens mit der Scheibenegge – unabhängig von der Tageszeit – die Verunkrautung wesentlich steigerte.

Tab. 1: Verunkrautung des Winterweizens, St. m^{-2}

Versuchs-termine	Pflugbodenbearbeitung			Scheibeneggeboden-bearbeitung			*$GD_{(0,05)}$
	Tag (T)	Nacht (N)	N / T %	Tag (T)	Nacht (N)	N / T %	
1 Termine	514	364	70,8	615	547	88,9	I-60; II-72
2 Termine	635	466	73,4	902	727	80,6	I-82; II-38
3 Termine	738	539	73,0	1128	870	77,1	I-129; II-68
Mittel	629	456	72,5	882	715	81,1	I-68; II-37

* I – Bodenbearbeitungsmethode (Pflug, Scheibenegge); II – Zeitpunkt der Bodenbearbeitung (Tag, Nacht); alle Interaktion I x II – u. D.

Tab. 2: Reaktion der dominanten Unkrautarten auf die nächtliche Bodenbearbeitung, St. m^{-2} (Durchschnitt für drei Bewertungszeitpunkte)

Unkraut-arten	Pflugbodenbearbeitung			Scheibeneggebodenbearbeitung		
	Tag(T)	Nacht (N)	N / T, %	Tag (T)	Nacht (N)	N / T, %
VIOAR	177,7	26,8	15,1	341,1	63,1	18,5
STEME	113,8	58,3	51,2	85,9	122,4	142,5
MATIN	77,5	56,6	73,0	114,0	87,3	76,6
APESV	75,3	12,0	15,9	157,0	33,1	21,1
CAPBP	48,8	60,6	124,2	25,8	85,9	332,9
VERAR	36,8	58,5	159,0	83,3	149,3	179,2
THLAR	25,9	18,5	71,4	7,7	5,8	75,3
POAAN	23,3	151,1	648,5	20,2	151,4	649,5
MYOAR	15,1	2,8	18,5	8,0	4,3	53,8
LAMAM	7,2	4,9	68,1	16,1	4,5	28,0
GALAP	1,1	0,3	27,3	7,3	0,4	5,5
Gesamt Dominanten	602,5	450,4	-	866,4	707,5	-
Zahl Unkrautarten	25	28	-	24	24	-

Literatur

Gerhards R., P. Juroszek, H. Klümper & W. Kühbauch,1998: Möglichkeiten zur photobiologischen Unkarutregulierung auf Ackerschlägen. Pflanzenbauwissenschaften, 2(2), 91-96.

Hartmann K.M. & W. Nezadal, 1990: Photocontrol of weeds without herbicides. Naturwissenschaften, 77, 158-163.

Jensen P.K., 1992: First Danish experiences with photocontrol of weeds. Z. Pfl. Krankheiten Pfl. Schutz SH 8, 631-636.

Niemann P.,1996: Unkrautbekämpfung durch Lichtausschluß während der Bodenbearbeitung. Z. Pfl. Krankheiten Pfl. Schutz SH 15, 315-324.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 296–297 (2003)

Krankheitsbefall von Wintertriticalesorten in mehrjähriger Monokultur

Ewa Adamiak[1], Tomasz P. Kurowski[2] und Jan Adamiak[1]

Einleitung

Die Bodenverhältnisse bewirken, dass in Polen schon seit vielen Jahren verhältnismäßig viel Triticale angebaut wird, dessen Korn ein gutes Futter für Tiere ergibt. Oft wird Triticale in periodischen Getreidemonokulturen angebaut, obwohl bekannt ist, dass es auf die Konzentration in der Fruchtfolge und auf den Anbau nacheinander mit einem massiven Rückgang des Ernteergebnisses und einer bedeutenden Verschlechterung der Gesundheit reagiert [PARYLAK 1999, ADAMIAK et al. 2000, KUROWSKi 2002].

Zweck der Untersuchung war die Bestimmung des Einflusses einer mehrjährigen Monokultur auf Gesundheit und Ertrag von zwei Wintertriticalesorten, soweit der chemische Schutz vor Krankheiten unterlassen wird.

Material und Methoden

Untersucht wurden 1998-2000 zwei Wintertriticalesorten (Marko und Tewo), die in einem eng statischen Experiment angebaut worden sind in der Produktions-und Versuchsanstalt Bałcyny bei Olsztyn. Das Dreifaktoren-Experiment in drei Wiederholungen – nach der Methode von verlosten Unterblöcken eingerichtet -, wurde auf mittelstaubiger Fahlerde durchgeführt. Verglichen wurde der Triticaleanbau in 6-8-jähriger Monokultur mit einer 6-Felder-Fruchtfolge (Kartoffel–Hafer–Faserlein–Winterroggen–Ackerbohne–Wintertriticale) unter Bedingungen des Unterlassens des Schutzes vor Krankheiten (K) und mit entsprechendem Schutz (F). Folgende Fungizide wurden angewendet: Alert 375 SC (Fusilazol + Karbendazym) Anfang des Schossens und Amistar 250 SC (Strobiluryn) Ende des Ährenschiebens. Das Triticalesaatgut wurde vor der Aussaat mit dem Präparat Baytan Universal 19,5 WS gebeizt. Die Gesundheit wurde an Blättern und Ähren von Triticale dreimal in der Vegetationsperiode bewertet. Die Intensität der Krankheiten an der Halmbasis wurde an – dem Feld entnommenen – Pflanzen zwei Wochen vor der Ernte geschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

Am Wintertriticale wurden in der Untersuchungsperiode festgestellt: Blattfleckenkrankheit (*Septoria* spp.), Gelbrost (*Puccinia striiformis*), Halmrost (*Puccinia graminis*), Weizenbraunrost (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*), Spelzenbräune (*Stagonospora nodorum*), Ährenfusariose (*Fusarium* spp.), Halmbruchkrankheit (*Pseudocercosporella herpotrichoides*) sowie Schwarzbeinigkeit (Pilzkomplex) -Tab. 1. Die höchste Intensität wies in beiden Systemen der Fruchtfolge die Schwarzbeinigkeit auf. Dies war auch die einzige Krankheit, die in einem höheren Maße Triticale in Monokultur als in der Fruchtfolge befallen hatte. Andere Krankheiten attackierten Triticale stärker in der Fruchtfolge. Von diesen Krankheiten befielen Triticale stärker Blattflecken- und Halmbruchkrankheit. Die erzielten Ergebnisse stimmen mit früheren Beiträgen von KUROWSKI [1992] überein. Unter den untersuchten Sorten zeigte sich Marko anfälliger auf alle Krankheiten außer auf Weizenbraunrost und Schwarzbeinigkeit. Diese

[1] Katedra Systemów Rolniczych, [2]Katedra Fitopatologii i Entomologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Plac Łódzki 3, 10-718 Olsztyn

Krankheiten befielen die Sorte Tewo stärker, doch höhere Differenzen unter den Sorten wurden in Monokultur festgestellt. An der Sorte Tewo wurden kein Gelbrost und kein Halmrost beobachtet. Eine höhere Empfindlichkeit auf Pathogene der Sorte Marko gegenüber Tewo wurde in der Fruchtfolge und nicht in Monokultur festgestellt. Fungizide hemmten wirksam die Entwicklung von Blatt- und Ährenkrankheiten mit ähnlichem Ergebnis in der Fruchtfolge und in Monokultur sowie bei beiden Sorten.

Tab. 1: Intensivierung der Krankheiten an Wintertriticalesorten (Befallindex in %)

Krankheit Pathogen	Sorten	Fruchtfolge			Monokultur			*$GD_{(0,05)}$
		K*	F	Mittel	K	F	Mittel	
Blatt Septoria *(Septoria spp.)*	Marko	29,7	3,5	16,6	19,5	1,2	10,3	I-0,43;II-
	Tewo	19,9	1,3	10,6	8,6	0,5	4,5	1,50; III-0,79
Gelbrost am Blatt *(Puccinia striiformis)*	Marko	9,2	0,2	4,7	6,3	0,1	3,2	I-0,61; II-
	Tewo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,37; III-0,35
Gelbrost am Ähren *(Puccinia striiformis)*	Marko	29,3	2,7	16,0	1,4	0,1	0,8	I-0,6; II-0,72;
	Tewo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	III-0,28
Halmrost *(Puccinia graminis)*	Marko	3,4	1,7	2,6	0,9	0,0	0,5	I-o,66; II-
	Tewo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,37; III-0,22
Weizenbraumrost *(Puccinia recondita f. sp. tritici)*	Marko	7,8	0,2	4,0	5,6	0,0	2,8	I-1,27; II-
	Tewo	10,1	1,6	5,8	8,0	0,0	4,0	0,63;III-0,63
Spelzenbräune *(Stagonospora nodorum)*	Marko	18,0	6,3	12,2	10,1	3,3	6,7	I-1,85; II-
	Tewo	12,2	2,0	7,1	10,2	1,9	6,0	0,95; III-0,86
Ährenfusariose *(Fusarium spp.)*	Marko	1,9	0,8	1,3	0,0	0,0	0,0	I-0,27; II-
	Tewo	1,1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,14; III-0,11
Halmbruchkrankheit *(Pseudocercosporella herpotrichoides)*	Marko	17,2	22,0	19,6	23,1	16,1	19,6	I-1,56; II-
	Tewo	16,7	24,5	20,6	17,3	12,5	14,9	1,28; III-u.D.
Schwarzbeinigkeit *(Pilzkomplex)*	Marko	62,2	51,4	56,8	63,3	63,9	63,6	I-1,42; II-
	Tewo	68,6	49,4	59,0	75,5	67,5	71,5	2,12; III-2,18

* K-Kontrolle; F-Fungizide; I-Pflanzenfolge; II–Sorte; III–Fungizidschutzmaβnahmen; u.D.- unwesentliche Differenzen

Wenig effektiv waren sie gegenüber den Krankheiten der Halmbasis. Trotz stärkeren Krankheitsbefalls so in der Fruchtfolge als auch in Monokultur ergab die Sorte Marko einen geringfügig höheren Ertrag (Tab. 2). Beide Sorten reagierten ähnlich auf den Anbau in Monokultur und minderten den Ertrag um 13,1% bei Marko sowie 14,6% bei Tewo. Fungizide haben den Triticaleertrag wesentlich gesteigert: in der Fruchtfolge um +10,7%, in Monokultur nur um +2,3%. Die Sorten reagierten ähnlich. Die höhere Effektivität der Fungizide in der Fruchtfolge wird durch den stärkeren Befall der Blätter und Ähren begründet.

Tab. 2: Kornertrag des Wintertriticale (in dt vom ha)

Sorten	Fruchtfolge			Monokultur			$GD_{(0,05)}$
	K	F	Mittel	K	F	Mittel	
Marko	7,07	7,67	7,34	6,27	6,49	6,38	I – 0,26
Tewo	6,83	7,65	7,24	6,15	6,20	6,18	II – 0,14
Mittel	6,92	7,66	7,29	6,21	6,35	6,28	III – 0,21

Erläuterungen wie in Tab. 1

Literatur

Adamiak E., J. Adamiak, K. Zawiślak, 2000: Reakcja pszenżyta ozimego na sześcioletnią monokulturę. Folia Univ. Agric. Stetin, Agricultura 82: 9-14.

Kurowski T. P. 2002: Sanitary state of crops grown in continuous cropping and short crop rotation. Acta Acad. Agricult. Tech Olst., Agricultura 55:93-102.

Kurowski T. P. 1992: Studia nad chorobami podsuszkowymi zbóż uprawianych w wieloletnich monokulturach. Rozprawy i Monografie. Wyd. UWM Olsztyn: ss. 86.

Parylak D. 1999: Wpływ systemu uprawy roli na kształtowanie łanu i plonu pszenżyta ozimego w monokulturze. Folia Univ. Agric. Stetin, Agricultura 74: 239-244.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 298–299 (2003)

Bedeutung pflanzenbaulicher Maßnahmen für die integrierte Bekämpfung der Späten Rübenfäule *Rhizoctonia solani*

Jörg Buddemeyer & Jan Petersen*

Einleitung

Erreger der Späten Rübenfäule ist der bodenbürtige Pilz *R. solani*. In Abhängigkeit von Zeitpunkt und Intensität des Befalls treten bis zu 50 % Mindererträge, vereinzelt Totalverluste auf. Die Qualität befallener Rüben ist gemindert und die Lagerfähigkeit ist nicht gegeben. Gegenwärtig sind schätzungsweise 20.000 ha der deutschen Zuckerrübenanbaufläche betroffen. Die Hauptbefallsgebiete der Krankheit liegen in Dithmarschen, im Rheinland, in Südbaden und Niederbayern. Das Auftreten der Späten Rübenfäule wird in komplexer Weise durch bodenbiologische, -chemische und -physikalische Faktoren beeinflusst. Hierzu könnten auch pflanzenbauliche Maßnahmen (Bodenbearbeitung, Fruchtfolge) zählen. So konnte intensiverer Befall durch *R. solani* an Bohnen infolge Bodenverdichtung [1] und eine Zunahme der Späten Rübenfäule in zwei oder dreijährigen gegenüber mehrjährigen Rotationen an Zuckerrüben nachgewiesen werden [2]. Überdies ist an Orten mit höherer Lagerungsdichte des Bodens (z.B. Feldrand) oftmals zuerst bzw. besonders starker Befall durch *R. solani* an Zuckerrüben feststellbar [3]. Wirtschaftlich bedingt einseitige Fruchtfolgen mit hohem Wirtspflanzenanteil für Rhizoctonia (z.B. Zuckerrübe und Mais) begünstigen darüber hinaus ein stetiges Überdauern des Pilzes an Ernterückständen in der Rotation. Ziel der vorliegenden Untersuchung war, modellhaft die Bedeutung einer Überrollung des Bodens bei zu feuchten Bodenbedingungen im Frühjahr auf die Befallsstärke mit *R. solani* bei Zuckerrüben und Mais zu untersuchen.

Material und Methoden

Am rhizoctoniabefallsfreien Standort Göttingen wurde 2002 eine zweifaktorielle Streifenanlage (4 Wdh.) mit den Faktoren Inokulation (ohne und mit Inokulation) und Lagerungsdichte des Bodens (normal und einfache zusätzliche Überrollung) mit den Fruchtarten Mais und Zuckerrübe angelegt. Die Inokulation des Versuches erfolgte durch Aufbringen zerkleinerter Rhizoctonia-infizierter Rüben zur Grundbodenbearbeitung im Herbst 2001 (1,5 kg/m^2) sowie durch Applikation von 10 ml R. *solani* Suspension (AG 2-2IIIB) pro Pflanze. Der Mais wurde zum BBCH-Stadium 11, die Zukkerrüben zum Bestandesschluss (BBCH 39) inokuliert. Die Überrollung des vor Winter gepflügten und feuchten Bodens wurde mit einem Schlepper (Gewicht 7,6 t, Reifeninnendruck vorn 2 bar, hinten 1,8 bar, Radlast 1,9 t) und entgegen guter fachlicher Praxis 10 Tage vor Aussaat der Zuckerrüben durchgeführt. Für die Quantifizierung des Rhizoctoniabefalls an Mais und Zuckerrüben wurden unterschiedliche Boniturschemata mit je 9 Befallsklassen verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Inokulation und Überrollung führten zu signifikanten Unterschieden in Schadensausprägung und Ertrag, wobei der Effekt bei Zuckerrüben stärker war. (Tab.1). Ferner deutet sich bei Zuckerrüben insbesondere im Ertrag ein sich gegenseitig verstärkender Effekt von Inokulation und Überrollung an.

* Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen

Tab. 1: Einfluss von Rhizoctoniainfektion und Überrollung auf Schadensausprägung und Ertrag von Mais (TM Gesamtpflanze) und Zuckerrüben (Ber. Zuckerertrag), Göttingen, 2002 (100 = 11 t/ha BZE in Zuckerrüben, 30 t/ha TM in Mais)

Frucht	Überrollung	LD [g/m³]*	Inokulation	Bonitur**	Befall [%]	Ertrag [rel.]
Mais	+	1,56	+	3 a	2-10	34 a
Mais	-	1,41	+	2 b	< 2	66 ab
Mais	+	n.b.	-	1 c	0	83 b
Mais	-	n.b.	-	1 c	0	100 b
Zuckerrübe	+	1,57	+	8,5 a	>75	9 a
Zuckerrübe	-	1,38	+	6,6 b	>50-75	64 b
Zuckerrübe	+	n.b.	-	1 c	0	55 b
Zuckerrübe	-	n.b.	-	1 c	0	100 c

* LD: Lagerungsdichte in 10 cm Bodentiefe, n.b.: nicht bestimmt

** % befallener Wurzeloberfläche: Kronenwurzeln Mais / Rübenkörper Zuckerrübe
Unterschiedl. Buchst. kennzeichnen Signifikanz, α=0,05 (Bonitur: Tukey & Kramer, Ertrag: Tukey)

Durch diesen einjährigen Versuchsansatz konnte gezeigt werden, dass bei entsprechendem Rhizoctoniapotential, Zuckerrüben aber auch Mais stärker befallen werden, wenn das Wachstum zusätzlich durch einen abiotischen Stressfaktor beeinträchtigt ist. Unter natürlichem Befall kann ein zusätzlicher Einfluss von Antagonisten auf das Krankheitsgeschehen angenommen werden. Offen bleibt, ob die krankheitsfördernde Wirkung der Überrollung im wesentlichen auf der Beeinträchtigung des Wachstums der Pflanze oder der Verminderung des Rhizoctoniapotentials beruht.

Literatur

[1] Tu, J.C; C.S. Tan (1991): Effect of soil compaction on growth, yield and root rots of white beans in clay loam and sandy loam soil. Soil. Biol. Biochem. 23: 233-238

[2] Schuster, M.L.; L. Harris (1960): Incidence of Rhizoctonia Crown Rot of Sugar Beets in Irrigated Crop Rotations. Journal of the Amer. Soc. Sugar Beet Tech., Vol. XI (2), 128-136

[3] Wolf, P.F.J.; J.-A. Verreet (1999): Untersuchungen zur Epidemiologie und Schadrelevanz der Rhizoctonia-Rübenfäule (*Rhizoctonia solani* Kühn). Gesunde Pflanzen, 51. Jahrg., Heft 5, 133-140

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 300–301 (2003)

Verwendung von Sensorinformationen zur teilflächenspezifischen Abschätzung des Ertragspotenzials von Winterweizen

Ulf Böttcher und Henning Kage*

Einleitung

Während die Möglichkeiten zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung von Pflanzenbeständen dank der großen Fortschritte der landwirtschaftlichen Technik in den letzten Jahren nun gegeben sind, fehlen noch immer überzeugende Konzepte zur pflanzenbaulichen Nutzung dieser Möglichkeiten durch eine automatische Entscheidungsunterstützung. Eine teilflächenspezifische Vorhersage des Ertragspotenzials kann mit Hilfe von dynamischen Pflanzenwachstumsmodellen erfolgen, allerdings kann die begrenzte Genauigkeit dieser Modelle ihre Anwendbarkeit zu diesem Zweck stark einschränken, insbesondere wenn wenige Informationen über die betrachtete Fläche vorliegen. Die räumliche Verteilung von Bestandeseigenschaften kann durch Sensoren erfasst und zur Modellkalibrierung und -initialisierung verwendet werden. Die Vorhersagegenauigkeit von Pflanzenwachstumsmodellen wird dadurch deutlich verbessert. Ziel der vorgestellten Arbeit ist daher die Entwicklung eines Systems, das die Kombination von Pflanzenwachstumsmodellen mit Sensor- und Ertragsdaten erlaubt, um optimierte Düngestrategien zu entwickeln und diese mit Daten aus Feldversuchen zu validieren.

Material und Methoden

Auf einem Praxisschlag von 15 ha Größe auf dem Versuchsgut Hohenschulen bei Kiel wurde in den Jahren 2002 und 2003 Winterweizen angebaut. Das Feld wurde betriebsüblich gedüngt mit Ausnahme zweier ungedüngter Streifen. Der Bestand wurde durch Messungen des Reflexionsspektrums mit dem Hydro Agri N-Sensor zu mehreren Zeitpunkten während der Vegetationsperiode charakterisiert. Zur Bestimmung der Wasserversorgung des Bestandes wurde mit Infrarot-Thermometern die Bestandestemperatur gemessen und so der Crop Water Stress Index (Jackson et al. 1981) berechnet. Entlang von Transekten in den ungedüngten Streifen und im betriebsüblich gedüngten Schlag wurden Trockenmasse und N-Gehalt der verschiedenen Pflanzenteile destruktiv gemessen. Wasser- und Nmin-Gehalte wurden aus Bodenproben bestimmt. Während der Ernte wurden Erträge und N-Gehalte mit einem mähdreschergestützten Ertragserfassungs- und NIR-System ortsspezifisch ermittelt.

Ertrag, N-Gehalt im Korn, Daten aus den Sensormessungen sowie die vorhandenen Bodendaten wurden zur teilflächenspezifischen Parametrisierung und Kalibrierung eines Simulationsmodells für Winterweizen auf der Basis von Modulen aus CERES Wheat benutzt. Das Gesamtmodell ist in der HUME-Umgebung (Kage und Stützel 1999) implementiert, die Parameterschätzverfahren unterstützt.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 6, 24118 Kiel

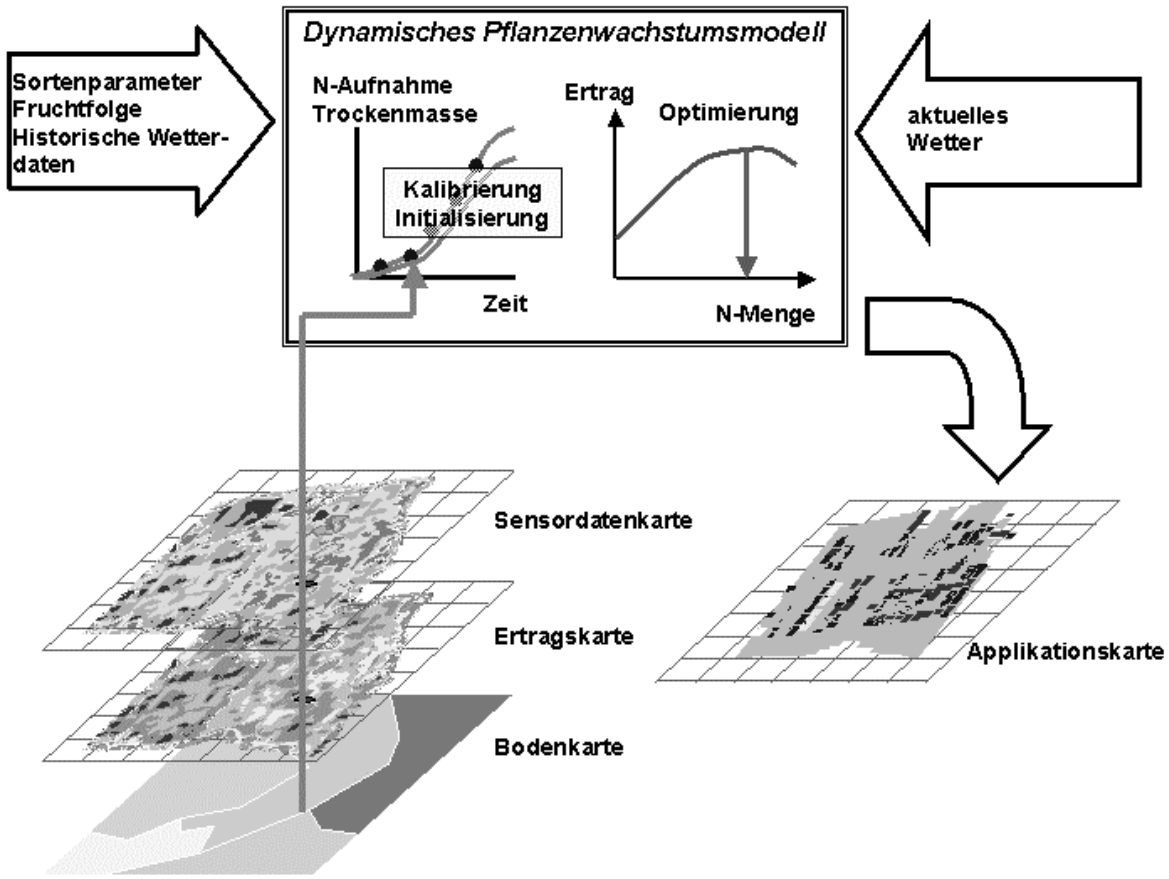


Abb 1: Schematische Darstellung des Modells als Hilfsmittel zur Entscheidungsunterstützung für teilflächenspezifische Düngestrategien

Ergebnisse und Diskussion

Entsprechend des ausgeprägten Reliefs und der hohen Bodenvariabilität des glazigen geprägten Ostholsteinischen Hügellandes gab es starke Unterschiede in Ertrag und gemessenen Sensordaten innerhalb des Feldes. Die Erträge auf der betriebsüblich gedüngten Fläche lagen zwischen 60 und 130 dt/ha. Erste Berechnungen zeigen, dass das Modell nach entsprechender teilflächenspezifischer Kalibrierung in der Lage sein könnte, einen großen Teil dieser Variation zu erklären, wie anhand von Modellergebnissen für Transekte gezeigt wird.

Literatur

Jackson, R.D., S.B. Idso, R.J. Reginato, and P.J. Pinter Jr. 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. Water Resources Research 17: 1133-1183.

Kage, H. and H. Stützel 1999. An object oriented component library for generic modular modelling of dynamic systems. In: "Modelling cropping systems". (C. S. M. Donatelli, F. Villalobos, J. M. Villar, ed.), pp. 299-300, Lleida. June 1999. European Society of Agronomy.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 302–303 (2003)

Einfluss vorheriger Beschattung auf die Fruktanakkumulation in abgeschnittenen Weizenblättern

T. Gebbing und W. Kühbauch*

Einleitung

Die vegetativen Pflanzenteile von Weizen (*Triticum aestivum* L.) enthalten bedeutende Mengen wasserlöslicher Kohlenhydrate (WLK), die während der Kornfüllung mobilisiert und zum Korn transloziert werden (Gebbing *et al.*, 1998). Ein wesentlicher Bestandteil der WLK sind die Fruktane. Häufig wird der Fruktanstoffwechsel in abgeschnittenen Blattspreiten von Gräsern, welche anschließend im Dauerlicht gehalten werden, untersucht. In intakten Blattspreiten ist die Fruktankonzentration in der Regel gering, aber diese experimentellen Bedingungen führen zu einer Neubildung von Fruktan synthetisierenden Enzymen (Winters *et al.*, 1994) und einer raschen Akkumulation von Fruktanen. In einer jüngeren Untersuchung am Pedunkel von Weizen wurden hohe Fruktangehalte im unteren, von der Fahnenblattscheide eingeschlossenen (heterotrophem) Teil, gefunden. Dagegen war der Fruktangehalt im oberen photosynthetisch aktiven Teil des Pedunkels gering (Gebbing, 2003). Auch bei anderen Arten findet unter natürlichen Wachstumsbedingungen die Fruktanspeicherung überwiegend in Geweben mit geringer photosynthetischer Aktivität statt. Möglicherweise hat die Exposition eines Gewebes zum Licht und die damit verbundene Ausbildung eines Photosyntheseapparates Einfluss auf die Fruktanspeicherung.

Starke Beschattung von Blättern führt häufig zu vergeiltem Wachstum und geringen Chlorophyllgehalten, *i.e.* geringe Photosynthesekapazität. Ob vergeilte Blätter eine höhere Fruktanakkumulation zeigen ist bisher nicht untersucht. Im Experiment wurde der Einfluss vorheriger Beschattung auf die Fruktanakkumulation in abgeschnittenen Blattspreiten von Weizen nach einem Wechsel ins in Dauerlicht untersucht.

Material und Methoden

Winterweizen (Sorte Drifter) wurde im Versuchsfeld ‚Poppelsdorf' (Institut für Pflanzenbau, Universität Bonn) im Rahmen des ‚Dauerdüngungsversuchs Poppelsdorf' (http://www.ipf.uni-bonn.de/popp/V0103DDV.html) angebaut. Während des ‚Schossens' wurden einzelne Pflanzen durch Abdecken mit Töpfen beschattet (<10 µmol m^{-2} s^{-1} photosynthetisch aktive Photonenflussdichte, PPFD). Nach einer Woche wurde das jeweils jüngste voll entwickelte Blatt von beschatteten (‚-Licht') und unbeschatteten Pflanzen (‚+Licht') entnommen. Ein Teil der Blätter wurde an der Blattbasis (B) bzw. an der Blattspitze (S) mit Aluminiumfolie umwickelt und mit dem abgeschnittenen Blattende im Wasser in eine Klimakammer bei 20°C, 80% relativer Luftfeuchte und 250 µmol PPFD gestellt. Nach 46h Dauerlicht wurden die Blätter in die Abschnitte Blattspitze und -basis zerlegt. Den Blättern ohne Aluminiumfolie wurden die Abschnitte aus der Mitte des Blattes entnommen. Die Abschnitte wurden gewogen, die Blattfläche bestimmt, anschließend eingefroren und bis zur Bestimmung der Fruktan- und Chlorophyllgehalte bei –23°C gelagert. Aufgrund unterschiedlicher Blattgrößen und der Bedeckung mit Aluminiumfolie variierte die Einstrahlung bei den einzelnen Blättern. Im Durchschnitt erhielten die mit Aluminiumfolie bedeckten Blätter (Verfahren B und S) zwischen 56 und 71% der Einstrahlung von nicht bedeckten

* Institut für Pflanzenbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn

Blättern. Der Chlorophyllgehalt der Blattspreiten wurde durch die Beschattung im Feld stark erniedrigt und betrug 24 µg cm^{-2} gegenüber den unbeschatteten Blätter mit 60 µg cm^{-2} (nicht dargestellt).

Ergebnisse und Diskussion

Nach 46h Dauerlicht betrug der Fruktangehalt in den Blättern der ‚-Licht' Varianten etwa 75% des Fruktangehaltes in den unbeschatteten Blättern (Abb. 1A). Somit fand trotz des verringerten Chlorophyllgehaltes und der damit verbundenen verminderten Photosynthesekapazität auch in den ‚-Licht' Varianten eine starke Fruktanakkumulation statt. Das Verhältnis von Fruktanakkumulation zu Chlorophyllgehalt war bei ‚-Licht' etwa verdoppelt.

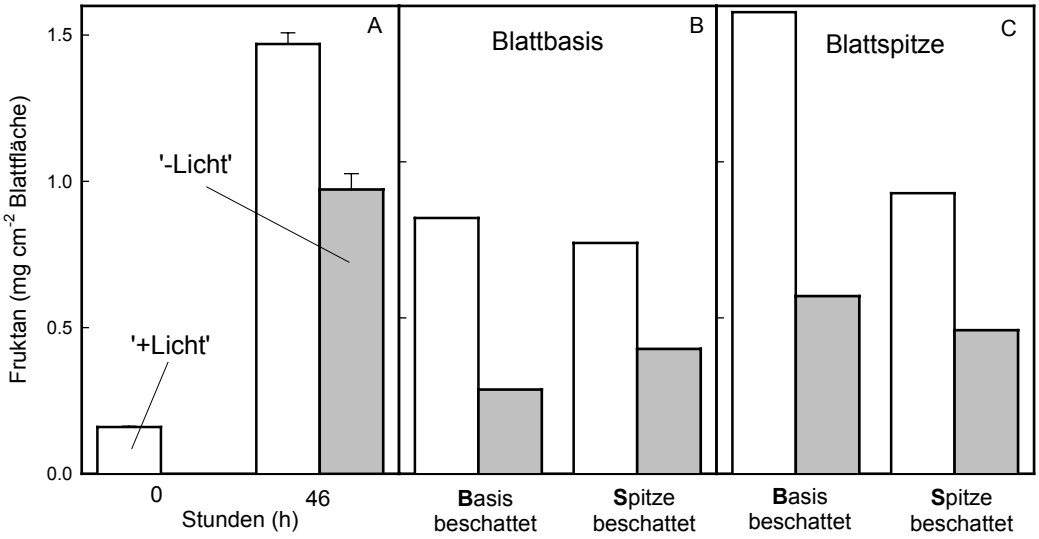


Abb. 1: Fruktangehalte nach 46h Dauerlicht in Blättern ohne Aluminiumfolie (A), in der Blattbasis (B) und in den Blattspitzen (C). In (B) und (C) wurde die Blattbasis oder die Blattspitze mit Aluminiumfolie bedeckt. Die weißen Balken geben die ‚+Licht' und die grauen Balken die ‚-Licht' Variante wieder. Der Fruktangehalt der unbeschatteten Blätter im Feld ist ebenfalls dargestellt (0h).

Auch in den von Alumiumfolie bedeckten Abschnitten fand Fruktanakkumulation statt (Abb. 1 B u. C). Die gebildeten Photosyntheseprodukte wurden also innerhalb des Blattes transloziert und anschließend zur Fruktansynthese herangezogen. Ob diese Verlagerung den Theorien zum irreversiblen Sink-Source-Wechsel während der Blattentwicklung widerspricht (Turgeon, 1989) muss noch geklärt werden.

Gegenwärtig konnte keine bevorzugte Fruktanakkumulation in den bedeckten (heterotrophen) Blattabschnitten nachgewiesen werden.

Literatur

Gebbing T. (2003) The enclosed and exposed part of the peduncle of wheat (*Triticum aestivum*) – spatial separation of fructan storage. New Phytologist 159: 245-252.

Gebbing T., H. Schnyder und W. Kühbauch (1999) The utilization of pre-anthesis reserves in grain filling of wheat. Assessment by steady-state $^{13}CO_2/^{12}CO_2$ labelling. Plant, Cell & Environment 22: 851-858.

Turgeon R. (1989) The sink-source transition in leaves. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 40: 119-138.

Winters A.L., J.H.H. William, D.S. Thomas und C.J. Pollock (1994) Changes in gene expression in response to sucrose accumulation in leaf tissue of *Lolium temulentum* L. New Phytologist 128: 591-600.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 304–305 (2003)

Wieviel Stickstoff braucht Rispenhirse (*Panicum miliaceum*). Untersuchungen zum Stickstoffbedarf und der Dynamik in der Pflanze

R. Hoffmann-Bahnsen*

Einleitung

Mit dem Verdrängen des Rispenhirseanbaus ist auch das Wissen zum Stickstoff bedarf der Kulturart verloren gegangen. Angaben in alter und in russischer Literatur geben nur sehr ungenaue und unterschiedliche Mengen an. Ältere Untersuchungen empfehlen, Hirse ähnlich wie Sommergerste zu düngen. Eine ausreichende Stickstoffversorgung zur Jugendentwicklung scheint wichtig zu sein. Für die betriebliche Nährstoffbilanz sind Angaben über Nährstoffentzüge wichtig. Hierzu findet man in der Literatur nur unvollständige Angaben, die zum Teil nur geringe Gaben oder die eine Orientierung an Weizen empfehlen. In der russischen Literatur werden Angaben zu Nährstoffentzüge für 10 dt Körner und 20 dt Stroh mit 30 Kg ha^{-1} gemacht. Ergebnisse aus zahlreichen eigenen Feldversuchen und Gefäßversuchen im Gewächshaus zeigen, das Rispenhirse einen hohen Anspruch an die Stickstoffversorgung stellt. Hier für wurden die Auswirkungen auf den Korn-, und Strohertrag und als Qualitätsparameter die Grützausbeute gewählt. Für das Produktionsmanagement im ökologischen Landbau sind die Aussagen zur Stickstoffdynamik in der Pflanze und während des Wachstum besonders interessant.

Material und Methoden

Sorten: russische Zuchtlinie 1982, mittelfrühreif, hohes Ertragsniveau (Züchter: All Russia Scientific Research Institute, Orel), und die österreichische Sorte Kornberger Mittelfrühe, mit hohem Ertragsniveau (Saatzucht Gleisdorf).

Versuch 1: Feldversuch, Versuchsstation des Institutes für Pflanzenbauwissenschaften, Standort Thyrow, südlich von Berlin, Standorttyp D2-D3, Salmtieflehm-Fahlerde.

Faktor	Faktorstufen	
A Sorte	a1 Kornberger Mittelfrühe	1
	a2 Russische Zuchtlinie Nr. 1982	2
B N-Düngung	B1 Ohne N-Düngung	1
	B2 40 kg ha^{-1}	2
	B3 80 kg ha^{-1}	3
	B4 120 kg ha^{-1}	4
	B5 160 kg ha^{-1}	5

Prüfmerkmale: TKG, Strohertrag, Kornertrag, Korngrössenverteilung

Versuch 2: Gefäßversuch unter kontrollierten Bedingungen im Gewächs; Sandkultur in Mitscherlichgefässen. Die Stickstoffdüngungsstufen entsprechend N_0 ~ 0, N_1 ~ 30, N_2 ~ 60, N_3 ~ 90, N_4 ~ 120 kg ha^{-1}. Probenahme zu den Entwicklungsstadien EC14 = 4-Blatt-Stadium, EC30 = Schossen, EC51 = Rispenschieben und EC65 =

* Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Humboldt-Universität Berlin, Albrecht-Thaerweg 5, 14195 Berlin, roland.hoffmann-bahnsen@agrar.hu-berlin.de

Blüte. Prüfmerkmale: Stickstoffgehalte in verschiedenen Pflanzenteilen, Fraktionierung der geernteten Pflanzen in Blätter, Stängel und Rispe.

Ergebnisse und Diskussion

Versuch 1:

Tab. 1: Einfluss der N-Düngung auf Kornertrag, TKG und Korngröße

N-Stufe	Kornertrag in dt ha^{-1}		TKG		% Kornanteil > 1,8mm	
	Kornberger	1982	Kornberger	1982	Kornberger	1982
0 kg N ha^{-1}	20,6 a	19,4 a	8,1	8,6	88,6	88,6
40 kg N ha^{-1}	39,1 b	38,9 b	8,2	8,6	87,2	88,6
80 kg N ha^{-1}	55,3 c	56,3 c	8,1	8,5	88,3	88,1
120 kg N ha^{-1}	48,8 d	56,5 c	8,1	8,3	87,1	86,9
160 kg N ha^{-1}	47,5 d	48,2 d	7,9	8,4	86,6	86,7

Unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede bei p = 0,05

Versuch 2:

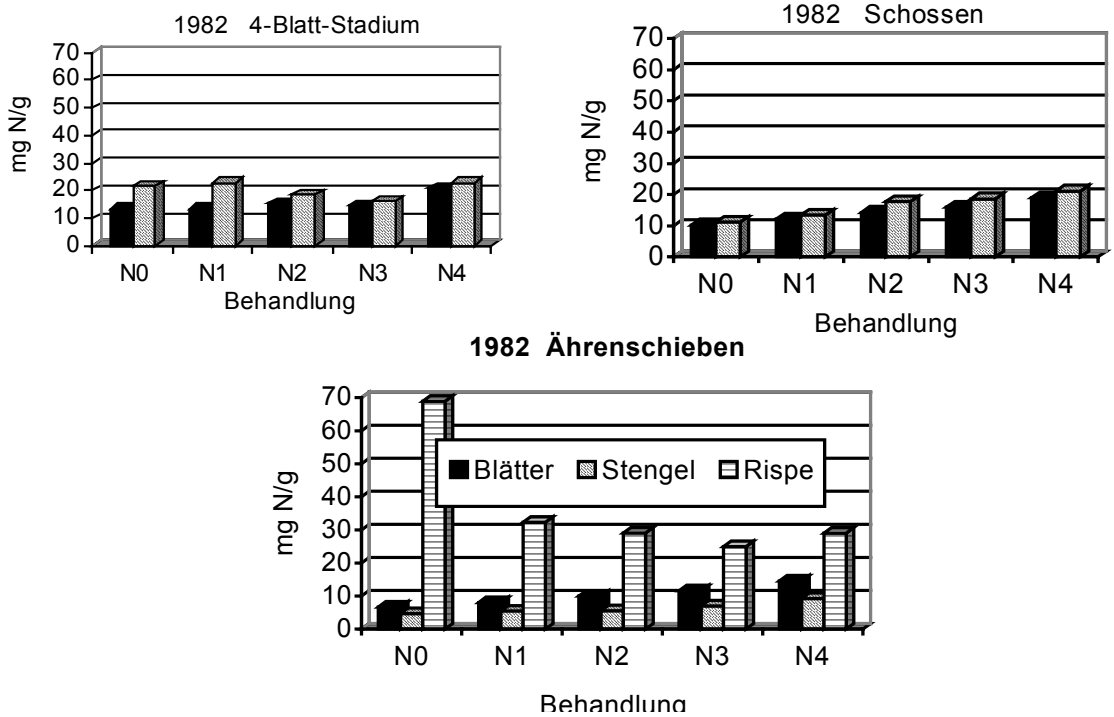


Abb. 1: N-Gehalte in Blatt, Stängel und Rispe in Abhängigkeit von der Höhe der N-Düngung und dem Entwicklungszeitpunkt

Die Höhe der Stickstoffdüngung zeigt einen signifikanten Einfluss auf die Ertragshöhe. Düngungsgaben von 80-100 kg ha^{-1} sind zu empfehlen. Eine Wirkung beim TKG und der Korngröße, einem wichtigen Qualitätsfaktor für die Grützausbeute ist nicht zu erkennen. Die Rispe zeigt eine hohe Attraktion für die Verlagerung von Stickstoff, gerade auch unter Mangelbedingungen. Weitere Untersuchungen zeigen, dass eine Aufteilung der N-Gaben nicht ertragswirksam ist. Wichtig ist aber eine ausreichende N-Versorgung während der Jugendentwicklung. Im ökologischen Landbau bieten sich deshalb als Vorfrucht das zweijährige Kleegras oder überwinternde Zwischenfrüchte mit Leguminosenanteil an. Zeitig ausgebrachter Stall- oder Rottemist (250 dt ha^{-1}) wäre auch möglich. Eine Jauchereihendüngung zur Beikrauthacke im 5-Blattstadium hat sich ebenfalls bewährt.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 306–307 (2003)

Ansätze für die Modellierung des Wurzelsystems der Sommergerste

Michael Kohl und Henning Kage*

Einleitung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes, das sich mit der Modellerstellung und Simulation von Kulturpflanzenbeständen befasst, beschäftigt sich das hier vorgestellte Teilprojekt mit der Wurzel. Hierbei ist für die Untersuchung und Modellierung der Funktionsweise -und insbesondere der N-Aneignungseffizienz- eines Wurzelsystems die Analyse der Wurzelmorphologie unabdingbar. In der Vergangenheit wurden Wurzelsysteme häufig dadurch beschrieben, dass die Verteilung der **Wurzellängendichte** im Boden erfasst wurde. Hierbei handelt es sich um eine weitreichende Abstraktion und Vereinfachung: Sämtliche Wurzeln werden als gleichwertig angesehen, Verbindungen zwischen Wurzeln werden nicht berücksichtigt. Neuere Wurzelsystemmodelle (sog. **Architekturmodelle,** vgl. Pagès et al, 2000) begreifen Wurzeln als eine Abfolge von Segmenten und Verzweigungen, wobei den einzelnen Bausteinen räumliche und strukturelle Informationen (z. B. Länge, Verzweigungsordnung usw.) zugeordnet werden können. Die Veränderung der Wurzelarchitektur kann quantitativ durch sog. Produktionsregeln -formal-mathematische Übersetzungen eines für die jeweilige Spezies festgelegten und durch Umwelteinflüsse abgewandelten ‚morphogenetischen Entwicklungs-programms'- beschrieben werden. Um die erwähnten Produktionsregeln festlegen zu können, muss eine strukturelle Analyse des betrachteten Wurzelsystems durchgeführt werden. Wichtig ist hierbei die Einteilung der Wurzelsegmente in Kategorien (vgl. Pagès 1999), die sich hinsichtlich ihrer Merkmale (Wachstumsrate und -richtung, Lebensdauer, topologische Beziehungen) unterscheiden. Zunächst soll gemäß der Entwicklungsordnung eingeteilt werden, wobei der Nutzen anderer Verfahren der Hierarchisierung noch zu prüfen sein wird (vgl. Berntson 1997).

Material und Methoden

Für eine erste Erfassung der Wurzelarchitektur der verwendeten Modellspezies Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.) wurde ein Gefäßversuch angesetzt. Die Pflanzen wuchsen einzeln in jeweils 1000 ccm Sand. In diesem einführenden Experiment wurde weder die Stickstoff- noch die Wasserversorgung variiert.

Die Wurzeln wurden gewaschen und mit Hilfe eines Flachbettscanners gescannt. Die Wurzelbilder wurden mit Hilfe der Bildanalyse-Software *WinRhizo* (Hersteller: Regent Instruments Inc. Quebec, Kanada, http://www.regent.qc.ca) ausgewertet (vgl. Abb.1). Das Programm erlaubt die Erfassung verschiedener morphologischer und topologischer Parameter (Länge, Durchmesser, Fläche, Entwicklungsordnung Anzahl der Wurzelspitzen und Verzweigungen usw.)

Das Frisch- und Trockengewicht sowohl der oberirdischen als auch der unterirdischen Pflanzenteile wurde bestimmt.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 6, 24118 Kiel.

Abb. 1: Analyse der Entwicklungsordnung einer Gerstenwurzel 15 Tage nach Aussaat. Segmente der Primärwurzel sind mit 0, Segmente der Seitenwurzel 1. Ordnung mit 1 bezeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Auswertungen rechtfertigen die Annahme, dass Merkmale von Wurzelsegmenten unterschiedlicher Entwicklungsordnungen durch einen Parametersatz beschrieben werden kann, der für diesen Wurzeltyp kennzeichnend ist. Während beispielsweise die durchschnittliche Länge von Primärwurzel-segmenten im Laufe der Entwicklung rasch abnimmt, ist bei den Seitenwurzeln eine Längenzunahme feststellbar (vgl. Abb. 2).

Da das morphogenetische Programm der Wurzelentwicklung stark durch Umweltveränderungen beeinflusst wird, ist die Frage, wie unterschiedliche Wurzeltypen beispielsweise auf eine Variation der Stickstoffversorgung oder auf Wasserstress reagieren, überaus interessant. In den folgenden Experimenten soll eine Antwort auf diese Frage gesucht werden.

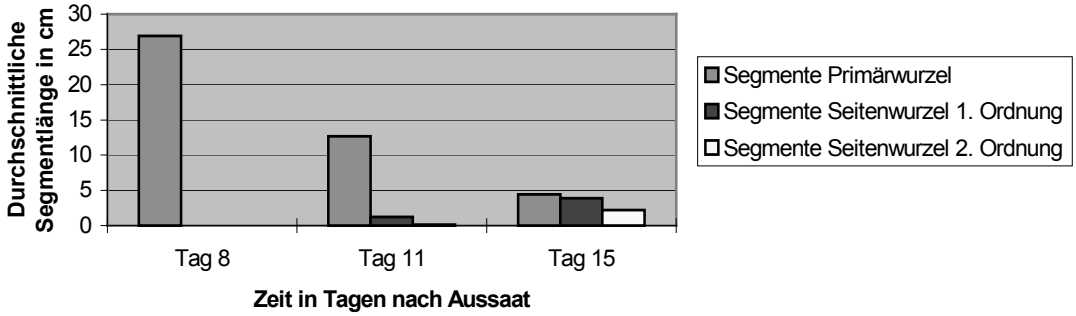


Abb. 2: Durchschnittliche Segmentlängen bezogen auf unterschiedliche Entwicklungsordnungen

Literatur

Berntson, Glenn M. (1997) *Topological scaling and plant root system architecture: developmental and functional hierarchies.* New Phytol. (1997), 135, S. 621-634.

Pagès, L. (1999) *Root system architecture: from its representation to the study of its elaboration.* Agronomie 19 (1999), S. 295-304.

Pagès, L. Asseng, S., Pellerin, S., Diggle, A. (2000) *Modelling Root System Growth and Architecture.* In: A. L. Smit et. al. (Hrsg.): Root methods. A handbook. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, S. 113-146.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 308–309 (2003)

Mehr CO_2 macht Getreide- und Zuckerrübenbestände wärmer

Remy Manderscheid, Cathleen Frühauf, Anja Kuczera, Cordula Großekathöfer und Hans-Joachim Weigel*

Einleitung

Im Rahmen des „Braunschweiger Kohlenstoffprojekts“ des Instituts für Agrarökologie wird untersucht, wie landwirtschaftliche Kulturpflanzen auf den Anstieg der atmosphärischen Kohlenstoffdioxid(CO_2)-Konzentration reagieren, der in den nächsten 50-100 Jahren erwartet wird. Im vorliegenden Teilprojekt wurde die Wirkung erhöhter CO_2-Konzentrationen auf den Wasser- und Wärmehaushalt der Pflanzenbestände analysiert. Die stomatäre Leitfähigkeit (g_s) beeinflußt den H_2O-Gasaustausch und eng damit verbunden die Oberflächentemperatur von Pflanzenbeständen, was wiederum Auswirkungen auf das lokale Klima haben kann. Es ist bekannt, dass ein Anstieg der atmosphärischen CO_2-Konzentrationen das CO_2-Angebot im Blatt erhöht und eine Reduktion von g_s bewirkt. Im vorliegenden Beitrag wird gezeigt, dass mehr CO_2 bei allen untersuchten Kulturpflanzen zu einer Erhöhung der Oberflächentemperatur der Bestände und der Bestandeslufttemperatur führt.

Material und Methoden

Auf einem Versuchsfeld der FAL wird seit 1999 eine kammerlose Freiland-CO_2-Begasungsvorrichtung (Free Air Carbon Dioxide Enrichment [FACE]) betrieben, mit der auf zwei Kreisflächen (Durchmesser 20 m) der atmosphärische CO_2-Gehalt auf ca. 550 ppm angehoben wird. Als Kontrolle dienen zwei Ringe, die mit normaler Luft beaufschlagt werden. Die beiden Ringhälften werden mit unterschiedlichen Stickstoffmengen versorgt (reduziert, N50; konventionell, N100). Im Herbst 1999 wurde der Fruchtfolgeversuch bestehend aus Wintergerste, Zwischenfrucht, Zuckerrübe, und Winterweizen gestartet. Die Versuchsfläche wurde beregnet, sobald die nutzbare Feldkapazität unter ca. 60% lag. Bei Zuckerrübe (2001), Winterweizen (2002) und Wintergerste (2003) wurde nach erfolgtem Bestandesschluß und an ausgewählten sonnigen Tagen die Bestandesoberflächentemperatur unter normaler und erhöhter CO_2-Konzentration mit einer Infrarotkamera gemessen. Außerdem wurde während der ganzen Vegetationsperiode vom Deutschen Wetterdienst die Lufttemperatur im Bestand aufgezeichnet.

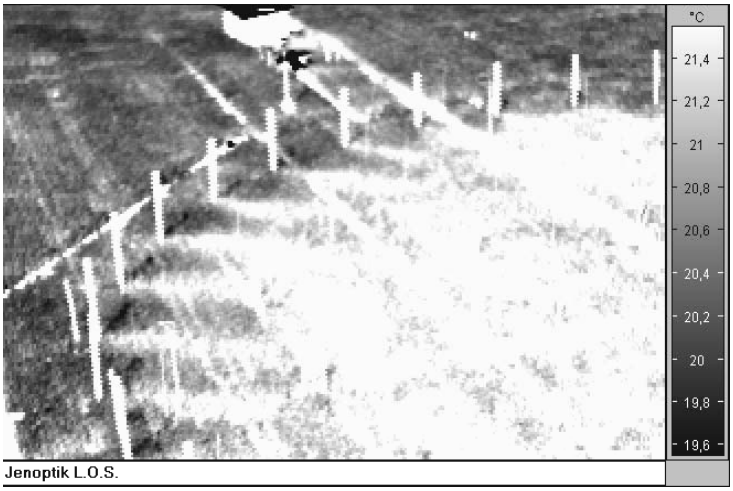


Abb. 1: Oberflächentemperatur eines Weizenbestandes unter Hoch-CO_2

Ergebnisse und Diskussion

Alle Pflanzenspezies zeigten an sonnigen Tagen eine deutliche Erhöhung der Bestandesoberflächentemperatur in der Hoch-CO_2-Variante i. Vgl. zur Normal-CO_2-Va-riante. Dies ist in Abb. 1 exemplarisch für einen Winterweizenbestand dargestellt.

* Institut für Agrarökologie, Bundesallee 50, FAL, 38116 Braunschweig

Man erkennt die mit CO_2 begaste Ringfläche, die von kreisförmig angeordneten Pfeifen, über die das CO_2 dosiert wird, umgeben ist. Die Differenz der Oberflächentemperatur zwischen den Pflanzenbeständen unter Hoch-CO_2 und Normal-CO_2 war nicht konstant, sondern unterlag einem Tagesgang mit einem Maximum zur Mittagszeit (Abb. 2). Dies entspricht den theoretischen Erwartungen, da die Regulation von g_s bei ausreichender Wasserversorgung primär an den photosynthetischen CO_2-Gasaustausch gekoppelt und somit lichtabhängig ist.

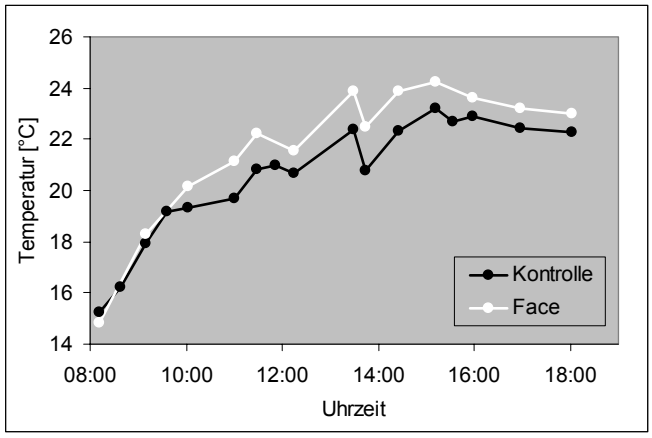


Abb. 2: Tagesgang der Oberflächentemperatur von Weizen unter Normal- und Hoch-CO_2.

Die CO_2-bedingte Erhöhung der Blattemperatur spiegelt sich wieder in einer eröhten Bestandeslufttemperatur. Auch hier gilt eine enge Beziehung zwischen der Einstrahlung und der CO_2-bedingten Temperaturerhöhung (Abb. 3). Der Temperaturanstieg reicht bis zu 2°C bei der höchsten Einstrahlung. Eine Regressionsanalyse der Daten von Zuckerrübe und Winterweizen läßt vermuten, dass der Temperaturanstieg bei der Zuckerrübe stärker ausfällt als beim Winterweizen, was evtl. auf Differenzen in der Blatt- und Bestandesstruktur basiert. Ein weiterer Faktor, der den Erwärmungseffekt modifiziert, ist der Wind. Die Daten weisen auf eine Abschwächung des Erwärmungseffekts bei hohen Windgeschwindigkeiten.

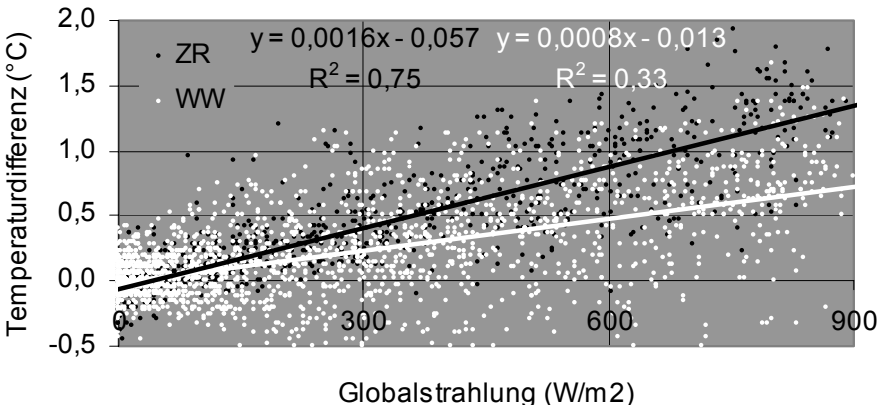


Abb. 3: Beziehung zwischen der Differenz der Lufttemperatur der Hoch- und Normal-CO_2 Bestände und der Einstrahlung für Zuckerrüben (ZR) im Juni 2001 und Winterweizen (WW) im Mai 2002.

Vergleicht man die Temperatursummen der Normal- und Hoch-CO_2-Variante über einen Zeitraum von einigen Wochen, dann verschwindet der Erwärmungseffekt unter FACE. So beträgt z. B. die Temperatursumme für die Zeitspanne von der Anthese (11. Juni) bis zur Kornreife (21. Juli) des Winterweizens 680°C x d (Normal-CO_2) und 685°C x d (Hoch-CO_2). Andererseits weisen die Temperaturwerte auf eine deutliche Minderung von g_s im Tagesverlauf bzw. eine Reduktion des latenten Wärmestroms. Folglich führt der atmosphärische CO_2-Anstieg nicht nur über eine Erhöhung der Absorption der Infrarotstrahlung in der Atmosphäre zu einer globalen Erwärmung, sondern auch über eine Verringerung der transpiratorischen Kühlleistung von Pflanzenbeständen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 310–311 (2003)

Ertragsphysiologische Aspekte der CULTAN-Düngung zu Sommergerste

Siegfried Schittenhelm*

Einleitung

Da N-Dünger entweder aus Nitrat bestehen oder im Boden mikrobiell zu Nitrat umgewandelt werden, nehmen Pflanzen den Stickstoff bei konventionell breitflächiger N-Applikation überwiegend als Nitrat auf. Dagegen entstehen bei der Injektion von Ammonium in Wurzelnähe hochkonzentrierte, gegen mikrobielle Umsetzung stabile N-Depots und die N-Aufnahme erfolgt vorwiegend als Ammonium. Dieses Verfahren der N-Düngung wird nach Sommer (1994) als Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition (CULTAN) bezeichnet. Mit der Umstellung der N-Ernährung vom Nitrat zum Ammonium sind morphologische und physiologische Veränderungen verbunden welche die Ertragsbildung auf unterschiedlichen Ebenen beeinflussen können. Ein Gefäßversuch mit Sommergerste sollte folgende Fragen klären:

- Unterscheidet sich die Ertragsbildung von NH_4- bzw. NO_3-ernährten Pflanzen?
- Hat das Verfahren der N-Düngung einen Einfluss auf die N-Effizienz?
- Wird durch CULTAN-Düngung die Blattseneszenz verzögert?

Material und Methoden

Der als vollständig randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegte Versuch wurde mit der Sommergerstensorte 'Maresi' in mit nährstoffarmem Boden gefüllten 80 L Gefäßen durchgeführt und beinhaltete folgende drei Varianten der N-Düngung: 3 g NO_3-N (Kalziumnitrat), 3 g NH_4-N (Diammoniumphosphat, DAP) sowie eine Kontrolle (-N). Das Kalziumnitrat wurde vor der Aussaat breitflächig ausgebracht und das DAP im 2-Blatt Stadium an fünf Stellen 7 cm tief injiziert. Beim Ährenschieben wurde die lichtgesättigte Nettophotosyntheserate der Blättern einzelner Etagen mit einem IR-Gasanalysator (Walz HCM-1000) und im Stadium der Milchreife die vertikale Lichtverteilung im Bestand mit einem SunScan Quantensensor (Delta-T) gemessen. Zur Darstellung des Verlauf von TM-Bildung und N-Aufnahme wurden ab Ende Bestockung bis Vollreife fünf Zeiternten durchgeführt. Bei der letzen Zeiternte wurden die Pflanzen nach Stroh und Korn getrennt und die Ertragskomponenten ermittelt. Die N-Bestimmung erfolgte mittels Leco.

Ergebnisse und Diskussion

In allen N-Varianten eilte die N-Aufnahme der Biomassebildung voraus. Gegen Ende der Bestockung hatte der N-Entzug bereits 70%, die oberirdische Trockenmasse aber erst 19% des Maximalwertes erreicht. Bis etwa 60 Tage nach der Aussaat hatten die NH_4-ernährten Pflanzen niedrigere und danach bis zur Reife höhere Werte für oberirdische Trockenmasse und N-Entzug als die NO_3-ernährten Pflanzen. Diese verzögerte Anfangsentwicklung lässt sich dadurch erklären, dass es eine gewisse Zeit dauert bis das Wurzelsystem die Ammoniumdepots erreicht, wohingegen die Pflanzen den NO_3-N sofort aufnehmen können. Der um 20,4% höhere Kornertrag der NH_4- gegenüber den NO_3-ernährten Pflanzen (Tabelle 1) war auf die höhere Ährendichte (+12,5%) und die erhöhte Kornzahl pro Ähre (+6,1%) zurückzuführen. Zwi-

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

schen den beiden N-Düngungsvarianten waren keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich N-Aufnahme und N-Verwertungseffizienz zu verzeichnen.

Die Pflanzen der NH_4-Variante hatten erkennbar aufrechtere Blätter. Dieser Befund könnte erklären, warum das Licht in der NH_4-Variante tiefer in den Bestand eindrang (Abbildung 1). Des weiteren zeigten die unteren Blätter der NH_4-ernährten Pflanzen höhere N-Gehalte und höhere lichtgesättigte Nettophotosyntheseraten (A_{sat}). Der letztgenannte Befund bedarf wegen der hohen Standardfehler (n = 6) noch der Absicherung. Die festgestellten höheren Werte für N-Gehalt und A_{sat} der unteren Blätter könnten auf die infolge erectophilerer Blatthaltung besseren Lichtdurchlässigkeit des Bestandes zurückzuführen sein. Eine andere Erklärung besteht darin, dass bei NH_4-Ernährung verstärkt Kohlenstoffgerüste aus der Photosynthese in die Wurzeln translociert werden um das NH_4 durch Bildung von Aminosäuren in eine für die Pflanze unschädlich N-Form zu überführen. Möglicherweise wird durch die Absättigung des Phloemstroms mit Aminosäuren das Sink-Gefälle für Amino-Verbindungen zu den unteren Blättern reduziert.

Tab. 1: Einfluss der N-Düngung auf Ertrag, Ertragsstruktur und N-Merkmale von Sommergerste.

	-N	NO_3-N	NH_4-N
Ertrag			
Körner (g TM Pflanze^{-1})	1,31a	2,35b	2,83c
Stroh (g TM Pflanze^{-1})	1,51a	2,35b	2,49b
Biomasse (g TM Pflanze^{-1})	2,82a	4,70b	5,32b
Ernteindex (%)	46,4a	50,1b	53,1c
Ertragskomponenten			
Ähren pro Pflanze	1,84a	2,96b	3,33c
Körner pro Ähre	17,4a	18,1b	19,2c
Tausendkornmasse (g TM)	41,0a	44,0a	44,4a
N-Merkmale			
N-Gehalt Korn (%)	1,16a	1,57b	1,59b
N-Gehalt Stroh (%)	0,30a	0,45c	0,39b
N-Ernteindex (%)	77,0a	77,9a	82,0b
N-Entzug (mg N Pflanze^{-1})	19,7a	47,2b	54,9b
N-Verwertungseffizienz (g g^{-1})	66,5b	49,9a	51,8a

Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($P < 0.05$).

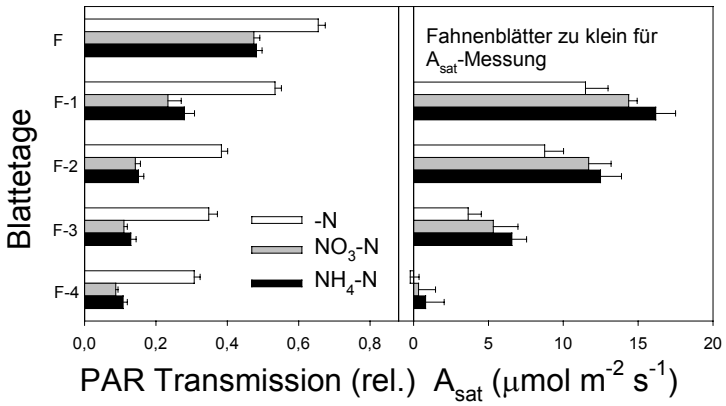


Abb. 1: Einfluss der N-Düngung auf die vertikale Verteilung der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR; relativ zu PAR über dem Bestand) und der lichtgesättigten Nettophotosyntheserate (A_{sat}; 1800 µmol Quanten m^{-2} s^{-1}) von Blättern verschiedener Etagen [Fahnenblatt (F) bis F-4].

Literatur

Sommer, K., 1994: Stickstoffdüngung und Stickstoffrecycling nach dem 'CULTAN'-Verfahren. Forschungsberichte, Heft 14, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms Universität Bonn (ISSN 0943-9684).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 312–313 (2003)

Growth and Development of French beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Grown as Sole Crop or Intercropped with Carrots in Kenya

John M. Wesonga[1], Hartmut Stützel[2] and Stephen G. Agong[1]

Introduction

To model growth of French beans, *Phaseolus vulgaris*, five experiments were conducted under varying environmental conditions in Kenya between November 2001 and November 2002.

Materials and Methods

Bean var. 'Amy' was either grown as sole crop (Sole crop), alternation of four rows of beans with four rows of carrots (Strip crop) or alternation of one row of beans with one row of carrots (Row crop). Three to seven destructive samples were taken during the experiments. Leaves, branches, flowers and pods were counted. Leaf area was estimated using a leaf area meter (LiCor 3100A.) and expressed as leaf area index (LAI). Plants were separated into the various parts and fresh weights of individual parts were determined. The dry weights of the individual parts were estimated after drying at 70^{o}C for 72 hours. Global solar radiation (GSR), minimum and maximum daily temperature (T_{min}, T_{max}) data were obtained from a station of the Kenya Meteorological department located at the National Horticultural Research Center, Thika. Intercepted radiation was estimated from leaf area measurements and GSR according to Beer's law using a light coefficient of 0.7. Radiation use efficiency (RUE) was obtained from linear regression between cumulative photosynthetically active radiation (PAR) and dry weight. Specific leaf area (SLA) was derived from linear regression between leaf blade dry weights and leaf area. Cumulative degree-days (CDD) were determined from T_{min}, T_{max} and base temperature (T_{base}). T_{base} values of 6.5^{o}C and 10^{o}C were used for germination and other developmental processes, respectively.

Results and Discussion

The various parameters varied considerably among the experiments. Maximum LAI attained in the first and fourth experiments were 2.19 – 2.69 m^2m^{-2} and in the other experiments 4.45–6.34 m^2m^{-2}. Cumulative intercepted PAR increased linearly with CDD. Total plant dry weight increased with time following a sigmoid pattern but the experiments ended before saturation was reached. Highest dry weight was 1293gm^{-2} for sole crop, 1237 gm^{-2} for row crop and 982gm^{-2} for strip crop in the fifth experiment at 67 days after sowing (DAS). RUE was 0.90-2.00 $g(MJm^{-2})^{-1}$ for sole crop, 0.58-1.97 $g(MJm^{-2})^{-1}$ for row crop and 0.77-1.54 $g(MJm^{-2})^{-1}$ for strip crop. Young plants partitioned more than 50% of the dry matter to the leaves. An exponential function described the relationship between the number of leaves and branches but the 95% confidence intervals were quite wide. The root-to-shoot ratios were variable and attained maximum values of 0.22, 0.31 and 0.59 for sole crop, row crop and strip crop, respectively. The specific leaf area was 182-348 cm^2g^{-1}, 188-281 cm^2g^{-1} and 184-350

[1] Department of Horticulture, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, P.O. Box 62000, Nairobi, Kenya. Email: wesonga@gem.uni-hannover.de
[2] Institute for Vegetable and Fruit Science, University of Hannover, Herrenhaeuser Str. 2, D-30419, Hannover, Germany. Email: stuetzel@gem.uni-hannover.de

cm^2g^{-1} for sole crop, row crop and strip crop, respectively. The parameters measured were within similar margins for all the three cropping systems suggesting that none is superior over the other.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 314–315 (2003)

Welche Konsequenzen ergeben sich aus der Schätzung der Energiedichte von Winterweidefutter

Marta Bajnok *

Einleitung

In Serienuntersuchungen von Futtermitteln wird die Energiedichte bzw. die Verdaulichkeit der organischen Substanz aufgrund hoher Zeit- und Kosten-aufwendungen geschätzt. Derartige Schätzverfahren können auf folgenden Methoden basieren: in *vitro*-Pansensaft-Methoden, enzymatische Methoden, chemische Methoden oder physikalische Methoden. Dabei entsprechen offenbar die *in vitro*-Pansensaft-Methoden mit ihren gewonnenen Schätzwerten den wahren Werten eher, wenn das zu bewertende Grundfutter Substanzen enthält, die die Aktivität der Pansenmikroben, z. B. durch stärkere Verpilzungsgrade (Hölterschinken et al. 1996, 2000, Opitz v. Boberfeld 2002), beeinträchtigen. Diese Situation liegt bei Winterweidenutzung von Grünland vor.

Material und Methoden

Die Versuchsfläche befindet sich auf dem Gelände der Versuchstation des Instituts für Pflanzenbau der Universität SZIE, Gödöllö (= Ungarn), ungefähr 30 km östlich von Budapest, 207 m über NN. Die Parzellengröße betrug 2m x 3m. Angelegt wurde der Versuch im Juni 2000 als Blockanlage mit drei Wiederholungen, vgl. Tab. 1.

Tab. 1: Varianten

Faktoren	Stufen
1. Erntetermin	1.1 November 1.2 Dezember 1.3 Januar
2. Vornutzung	2.1 Juni 2.2 Juli 2.3 August
3. Zeit	3.1 2000/2001 3.2 2001/2002

Die Energiedichte wurde aus der Gasbildung (Steingass & Menke 1986), der Rohprotein- (Anonymus 1997) und Rohfettkonzentration (Anonymus 1997) bestimmt; die Schätzung erfolgte nach der Gleichung 16e (Menke & Steingass 1987). Die Schätzung der Energiedichte über Rohnährstoffe erfolgte nach Anonymus (1997); die Transformation von ME in NEL wurde nach Potthast et al. (1997) vorgenommen. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz wurde über die Gasbildung nach der Formel 41f (Menke & Steingass 1987) bestimmt und mit der Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (Anonymus 1992) in Beziehungen gesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Schätzung der Energiedichten von Winterweidefutter über Rohnährstoffe führt zu erheblich höheren Werten als die Schätzung über HFT, vgl. Abb. 1. Unabhängig von Erntetermin und Jahr bestehen keine Überstimmungen zwischen der Schätzung der Energiedichte nach *in vitro*-Pansensaft- und chemischer Methode. Die Verdaulichkeit geschätzt nach HFT und ELOS ergeben ähnliche Werte, vgl. Abb. 2. Im zweitem Jahr liefert die Schätzung über HFT höhere Werte als die Schätzungen über ELOS.

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Wolf (2002) kommt zu dem Schluss, dass Pilze die leichter löslichen Substanzen der Rohfaser abbauen und demzufolge die Rohfaser recht ligninreich ist. Ligninreiche Rohfaser wird offenbar durch Pansensaft wesentlich besser abgebaut als durch zugesetzte Zellulase. Opitz v. Boberfeld (2002) stellt fest, dass die im Spätherbst aktiven Pilze offenbar nur in geringerem Maße die Pansenmikroben beeinträchtigen. Im ersten Jahr sind die Energiewerte nach ELOS höher als die nach HFT; zudem sind die Ergosterol-Konzentrationen bzw. Verpilzungsgrad aufgrund der schlechteren Witterung erhöht.

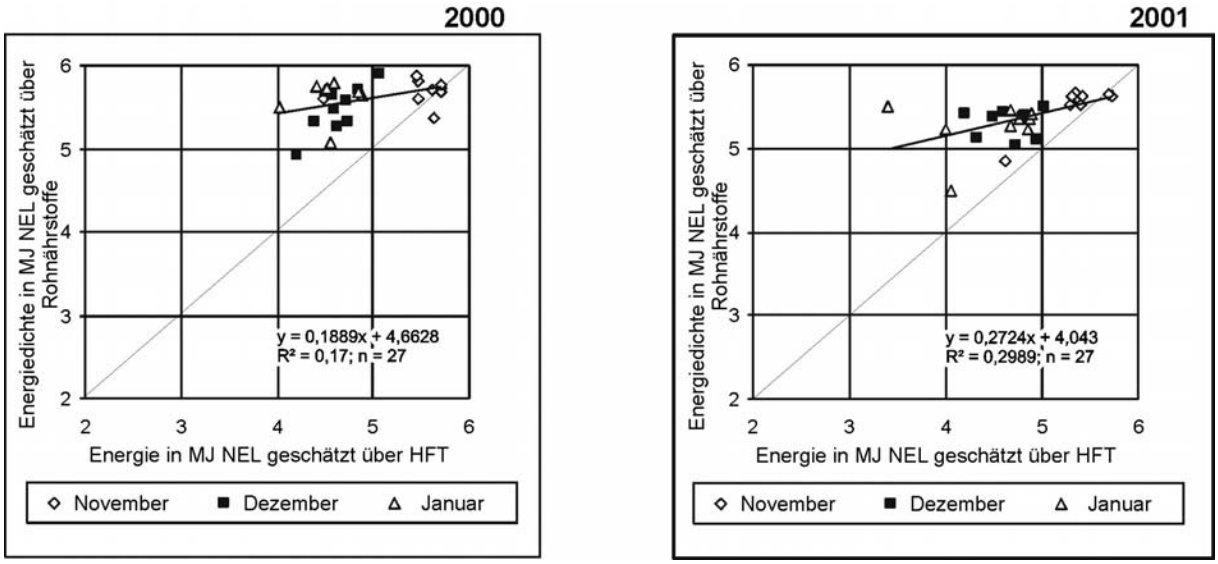


Abb. 1: Vergleich der Energiedichte geschätzt über Rohnährstoffe und Hohenheimer Futterwert-Test von Winterweidefutter verschiedener Jahre

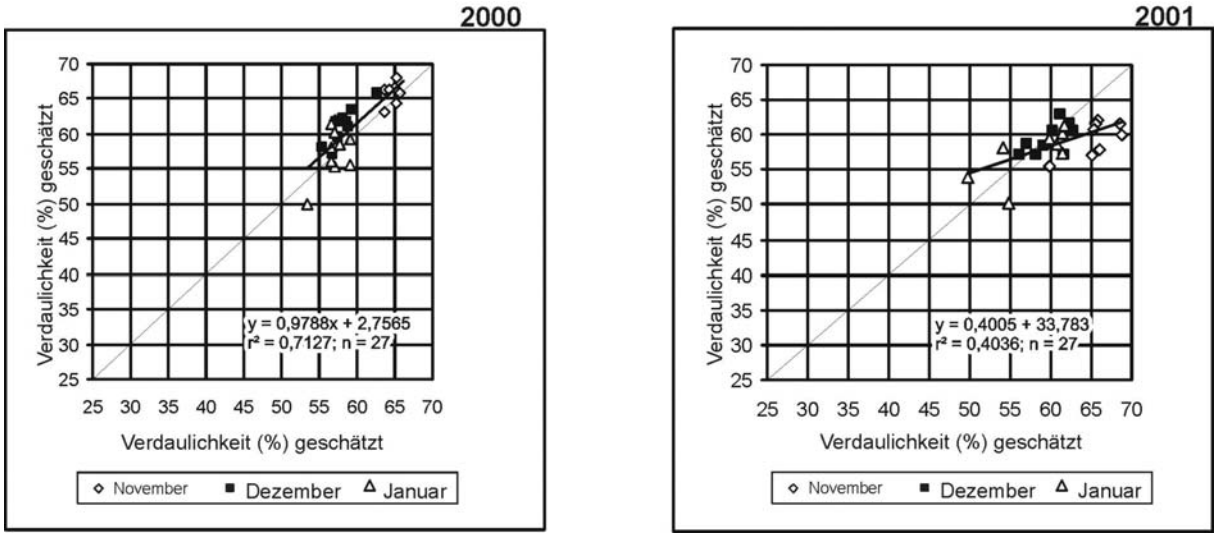


Abb. 2: Vergleich der Verdaulichkeit geschätzt über Enzymlöslichkeit organischer Substanz und Hohenheimer Futterwert-Test von Winterweidefutter verschiedener Jahre

Literatur

Opitz v. Boberfeld, W., (2002): Konsequenzen ergeben sich aus der Schätzung der Energiedichte bei extensiven Weideverfahren? – Hrsg. DLG: Zweimal schneiden- und was dann? DLG-Grünlandtagung 2002 Bad Hersfeld, 21-29

Wolf, D., (2002): Zum Effekt von Pflanzenbestand, Vornutzung und Nutzungstermin auf Qualität und Nasse von Winterweidefutter. Diss. Gießen

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 316–317 (2003)

Mineralstoffmuster von Winterweidefutter in Abhängigkeit von Pflanzengesellschaft und Nutzungstermin

Katja Banzhaf und W. Opitz von Boberfeld *

Einleitung

Eine zielgerichtete individuelle Mineralstoffversorgung durch Lecksteine oder Futterzusätze erweist sich bei der Ganzjahresaußenhaltung von Mutterkühen und Fleischrindern, der extensivsten landwirtschaftliche Produktionsform, häufig als schwierig. Besonders auf kritischen Standorten kann es im Frühjahr und Herbst infolge von Mineralstoffmangel oder –imbalancen zu Krankheiten wie der Weidetetanie kommen. Bei einer bis in den Winter hinein ausgedehnten Weideperiode und der damit verbundenen Nutzung von kostengünstigem „Winterfutter auf dem Halm“ interessiert unter dem Aspekt Tiergesundheit, wie sich die Mineralstoffmuster solcher Winterweideaufwüchse präsentieren. Als Zielgrößen werden das Ca/P-Verhältnis und die „tetany-ratio“ (= K/(Ca+Mg)-Quotient) unterschiedlicher Aufwüchse von Festuco-Cynosureten und Lolio-Cynosureten unter dem Einfluss der Nutzungstermine im Winter gegenübergestellt.

Material und Methoden

Untersucht wurden jeweils 3 Festuco-Cynosureten und 3 Lolio-Cynosureten unterschiedlicher Standorte im Lahn-Dill-Bergland und im Westerwald, die in einer Höhenlage von 320 bis 420 m ü. NN lagen. Tab. 1 zeigt die Versuchsvarianten. Die Parzellen, auf allen Standorten als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angelegt, wurden einheitlich im Herbst mit 50 kg $N*ha^{-1}$ gedüngt, um einen Nährstoffrückfluss durch die Tiere zu simulieren. Zur Untersuchung der Mineralstoffmuster wurden die Konzentrationen von Ca, Mg, K und Na mittels AAS (Schinkel 1984), P kolorimetrisch (Gericke und Kurmies 1952) – jeweils nach Aufschluss in HNO_3 – bestimmt.

Tab.1: Versuchsvarianten

Faktoren	Stufen
1.Assoziation	1.1 *Festuco-Cynosuretum* 1.2 *Lolio-Cynosuretum*
2.Standort	*Festuco-Cynosureten* 2.1 370 m über NN 2.2 415 m über NN 2.3 460 m über NN *Lolio-Cynosureten* 2.4 320 m über NN 2.5 390 m über NN 2.6 420 m über NN
3.Vornutzung	3.1 Anfang Juni (= 1x) 3.2 Anfang Juni + Anfang Juli (=2x)
4.Erntetermin	4.1 Anfang November 4.2 Mitte Dezember 4.3 Ende Januar
5.Zeit	5.1 Winter 1999/2000 5.2 Winter 2000/2001 5.3 Winter 2001/2002

Ergebnisse und Diskussion

Die folgende Abbildung zeigt das Ca/P-Verhältnis und die „tetany-ratio“ der untersuchten Flächen in Abhängigkeit von Standort und Nutzungstermin. Da für beide Maßzahlen kein pflanzenbaulich relevanter Einfluss der unterschiedlichen Vornutzungen nachgewiesen werden konnte, werden in den einzelnen Säulen die gemittelten Werte beider Vornutzungen dargestellt. Abb. 1 zeigt das Ca/P-Verhältnis der untersuchten Flächen in Abhängigkeit von der Nutzung im Winter. Der in der Tierernährung geforderte Optimalbereich von 1,5 bis 2 im Futter, in welchem dem Tier eine gute Verwertung der beiden Nährstoffe zuge-

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

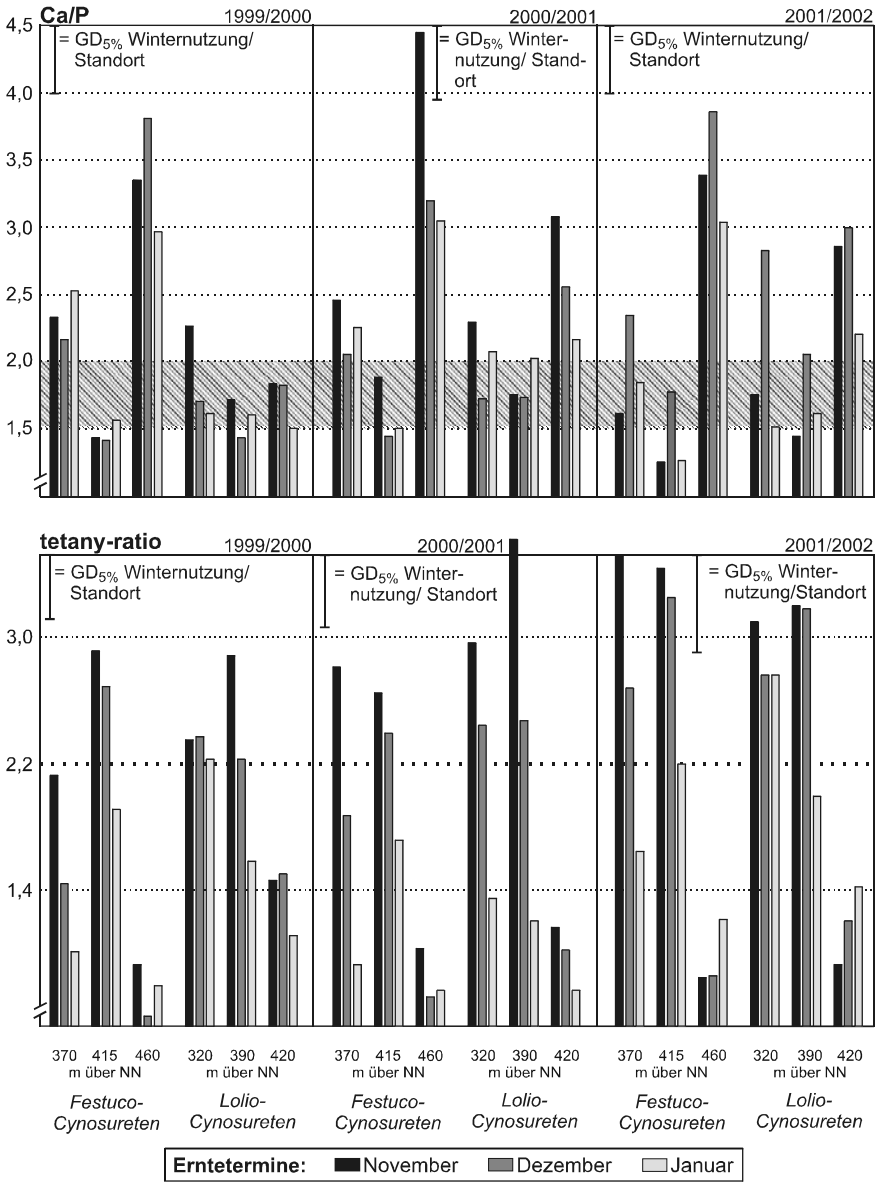


Abb. 1: Ca/P-Verhältnis und „tetany ratio“

sprochen wird, ist schraffiert dargestellt. In allen drei Jahren geht der größte Einfluss vom Faktor Standort aus. Während sich alle übrigen Flächen in einem angepassten Bereich bewegen, zeigen insbesondere die beiden Flächen im Westerwald (= 420 und 460), bedingt durch vergleichsweise hohe Ca-Konzentrationen (= 0,41 bis 0,65%) in Verbindung mit niedrigen P-Konzentrationen (= 0,12 bis 0,34%) ein meist sehr weites Verhältnis. Der Erntetermin im Winter ist ebenfalls als Hauptwirkung gesichert, wobei auch hier vorwiegend die Flächen 420 und 460 durch die abnehmenden Werte von November bis Januar die Signifikanzen bestimmen. K (= 0,46 bis 2,56 %) unterliegt insbesondere im milden und niederschlagsreichen Winter 2000/2001 verstärkt Auswaschungsprozessen, was sich auch in der in Abb. 1 dargestellten „tetany ratio“, dem Indikator für eine erhöhte Gefahr von Weidetetanie, widerspiegelt. Erntetermin und Standort zeigen jahrabhängig einen unterschiedlich starken Einfluss. Während es bei den meisten Flächen aufgrund der starken Abnahme der K-Konzentrationen gegenüber den Ca- und Mg-Konzentrationen im Verlauf des Winters zu einer Entschärfung des Ungleichgewichtes kommt, liegen die Flächen 420 und 460 bedingt durch die niedrigen K-Konzentrationen während des gesamten Winters unterhalb des kritischen Wertes von 2,2. Festzustellen ist außerdem, dass für beide Quotienten kein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Pflanzengesellschaften zu beobachten ist.

Literatur

Gericke, S. & B. Kurmies, 1952: Die kolorimetrische Phosphorbestimmung in Ammonium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse. – Z. Pfl., Düng., Bodenk., 59, 235-247.

Schinkel, H., 1984: Bestimmung von Cadmium, Strontium, Kalium, Lithium, Eisen, Mangan, Chrom, Nickel, Kupfer, Zink und Cadmium. – Analytische Chemie, 317, 10-26.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 318–319 (2003)

Präferenz, Futterwert und Ausdauer verschiedener Grasarten auf lehmigem Sandboden bei Winterweide mit Mutterschafen

Bockholt, R. und Bergmann, I.*

Zielstellung

Die ganzjährige Freilandhaltung von Rauhfutterverwertern wird in Mecklenburg-Vorpommern bei vollständiger Sommerweide und teilweiser Winterweide mit Mutterkühen, Mutterschafen und Pferden auf grundwasserfernen Mineralböden praktiziert. Noch offene Fragen einer gewünschten Ausdehnung der Winterweide werden in einer an Mutterschafe gebundenen Versuchsdurchführung geklärt.

Lösungsweg

Auf einer Mineralbodenweide der Versuchsstation Rostock (grundwasserferner lS; Wasserstufe 2-, Parabraunerde, mittlere Temperatur des Jahres 7,9 ° C; mittlerer Jahresniederschlag 590 mm; Besatzstärke 1 GV/ha Mutterschafe (+ Lämmer während der Sommermonate) wurde durch Einbeziehung von Nebenweiden in die sommerliche Beweidung die Möglichkeit geschaffen, ab 1. August 40 bis 60% der Weidefläche für den Winter zu reservieren. Der letzte Aufwuchs des Sommers wurde durch Düngung mit 100 kg N/ha auf die Winterweide vorbereitet. Seit 1999 / 2000 wurden Weideversuche jeweils in den Monaten November bis Januar durchgeführt. Auf der Winterweide sind die in Streifen angesäten wintergrünen Grasarten *Festuca rubra, Lolium perenne, Festuca arundinacea, Festulolium braunii* und die nicht wintergrüne Referenzgrasart *Dactylis glomerata* jeweils gleichzeitig zur Beweidung angeboten worden. Zur Feststellung der Präferenz der Grasarten wurden Auszählungen der grasenden Schafe und Höhenmessungen des Weidegrases mit der Plattenmethode vorgenommen. Repräsentative Futterproben wurden zu Beginn und zum Ende der Beweidung der einzelnen Koppeln gewonnen. Die Futterenergie wurde mit Hilfe einer Cellulasemethode geschätzt.

Ergebnisse

Relative Vorzüglichkeit der Grasarten (Präferenz)

Im Mittel von 8 Versuchen auf 3 Koppeln mit verschiedenen Gras-Kombinationen ist folgende Rangfolge der Beliebtheit als Futter festgestellt worden:

1. *Lolium perenne* und *Festulolium brauniii,* **2.** *Festuca rubra,* **3.** *Festuca arundinacea,* **4.** *Dactylis glomerata* (Beispiel Abb.1).

Dactylis glomerata wurde als Lagerfläche bevorzugt.

Futterwert der Grasarten von November bis Februar

	Mittlerer Ertrag dt TM / ha	Nekrot. Gewebe (%)	Rohprotein (% i.TM)	Rohfaser (% i.TM)	ME (MJ/kg TM)	NEL (MJ/kg TM)
Dactylis gl.	19	70 bis 90	14 bis 12	29 bis 35	8,8–8,0	5,3–4,8
Festuca ar.	24	10 bis 40	17 bis 12	22 bis 28	10,5–9,2	6,3–5,5
Festuca rubra	17	10 bis 70	16 bis 12	19 bis 24	11, 0–9.7	6,5–5,8
Festulolium	19	10 bis 70	17 bis 12	22 bis 26	10,6–9,0	6,4–5,4
Lolium per.	17	10 bis 90	18 bis 12	22 bis 28	10,5–9,0	6,3–5,4

* Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock,
Fachgebiet Grünland und Futterbau, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

Die Futterqualität verringerte sich in den Monaten November bis Februar bei nach der Cellulasemethode ermittelten Energiewerten um 0,8 bis 1,4 MJ Metabolische (Umsetzbare) Energie bzw. 0,5 bis 0,9 MJ Nettoenergie Laktation.

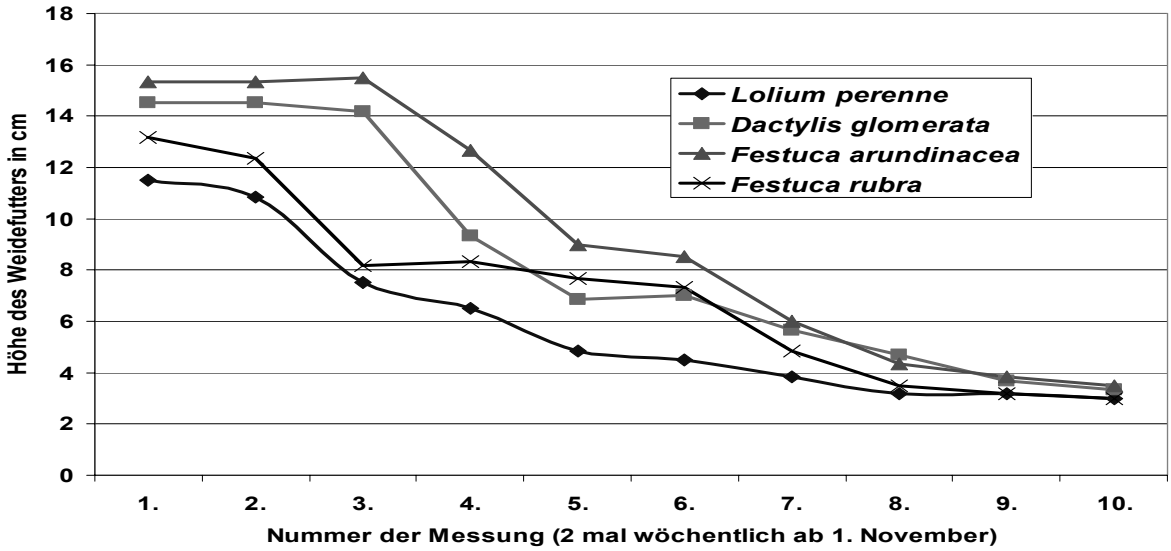


Abb. 1: Reduzierung des Weidefutterangebotes durch Mutterschafe im Winter 1999/2000 auf Koppel 5

Zustand der Grasnarbe nach mehrjähriger Winterbeweidung
Die von verschiedenen Gräsern dominierten Grasnarben wurden in folgender Rangfolge geschädigt: **1.** *Festuca rubra,* ***2.*** *Lolium perenne,* ***3.*** *Festuca arundinacea,* ***4.*** *Dactylis glomerata.* Die von Rotschwingel und Deutschem Weidelgras dominierten Grasnarben mussten nach 3 bzw. 4 Jahren wegen Unterschreitung eines Flächenanteils von 50% erneuert werden, während Knaulgras und Rohrschwingel nach 4 Jahren mit 75 % bzw. 70 % Anteil weiterhin als repräsentative Versuchsflächen genutzt werden können.

Weitere Ergebnisse
Festuca arundinacea hat im Durchschnitt von 3 Nutzungsjahren den höchsten Winterweideertrag erzielt. Die Mutterschafe nahmen ohne Kraftfuttergaben im Monat November zu (+4,5 kg), während in den Monaten Dezember und Januar Gewichtsreduzierungen (-1,3 kg; -0,4 kg) registriert wurden. Anfang Mai wurde eine Geburtenrate von durchschnittlich 1,4 gesunden Lämmern je Mutterschaf erreicht.

Schlussfolgerungen
Mit einem durch den Verzicht auf Stallanlagen begründeten ökonomischen Nutzen ist die Winterweide mit Mutterschafen unter den Bedingungen Mecklenburg–Vorpommerns ohne Schädigung der Tiere praktizierbar.

Bei einer Besatzstärke von 1,0 GV /ha Mutterschafen + Lämmern während der Sommermonate ist die Reservierung von Winterweideflächen unter den klimatischen Bedingungen Mecklenburg–Vorpommerns jedoch nur durch Bereitstellung von Nebenweideflächen möglich, die während der Sommermonate nicht für die Erzeugung von Rauhfutter für die auf der Winterweide gehaltenen Tiere herangezogen werden.

Deshalb sollte bei der Gestaltung einer möglichst langfristigen Winterweide nicht nur an wintergrüne ausdauernde Grasarten, sondern auch an den kurzfristigen Anbau von bewährten Winterzwischenfrüchten des Ackerfutterbaus gedacht werden.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 320–321 (2003)

Anbaueignung von ausgewählten Körnerleguminosen im Rein- und Mischanbau mit Sommergetreidearten zur Erzeugung und ernährungsphysiologischen Bewertung von hochwertigen betriebseigenen Eiweißfuttermitteln

Bramm, A.*, Pahlow, G.*, Böhm, H.**, Berk, A.***

Einleitung

Die Versorgung mit proteinreichen Futtermitteln wird insbesondere für biologisch wirtschaftende Betriebe zunehmend ein Problem, weil die weltweite Sojaerzeugung, Grundlage der überwiegenden Zahl von Eiweißfuttermitteln, heute schon zu mehr als 60% auf transgenem Saatgut beruht. Zur Erzeugung von proteinreichem Futter im eigenen Betrieb stehen mit den Futtererbsen, den Ackerbohnen und der weißen, blauen und gelben Lupine Körnerleguminosenarten zur Verfügung, die an mitteleuropäisches Klima angepasst sind, hervorragende Vorfruchteigenschaften aufweisen und als Futter für Rinder, Schweine und Geflügel eingesetzt werden können. Ihre Erzeugung erfolgt üblicherweise in Reinsaat. Mischsaaten mit Sommergetreide können gegenüber Reinsaaten von Vorteil sein, weil sie die am Standort vorhandenen Ressourcen häufig besser ausnutzen können (Rauber, 2002).

Material und Methoden

In einem Feldversuch, angelegt als Blockanlage mit vierfacher Wiederholung, werden Körnerleguminosen im Rein- und Mischanbau mit Sommergetreidearten in 12 Varianten zur Körnernutzung und in 8 Varianten zur Silagebereitung aus Ganzpflanzen angebaut. Die Unkrautbekämpfung erfolgt mit 3l/ha Stomp SC im Vorauflauf, eine Startgabe von 40kg N/ha wird verabreicht. Zur Körnerreife wird mit dem Mähdrescher gedroschen, die Ganzpflanzenernte zur Silagebereitung erfolgt bei einem Ziel-TM- Gehalt des Bestandes zwischen 30% und 40%, die Silierung in 1,5 l-Weckgläsern, für 49 bzw. 90 Tage. Ermittelt werden danach jeweils das Gärproduktspektrum und die aerobe Stabilität nach der Entnahme aus dem Silo. Neben dem Kornertrag der Mischungspartner und der TM Bestimmung wird die Umsetzbare Energie (ME) aus den Ergebnissen der Analysen des Rohproteins (XP), der Rohfaser (DXF), Rohfett (DXL), Organischer Substanz (DOS) nach den entsprechenden Formeln berechnet. Als Beispiel hier die Formel für Wiederkäuer:

$$ME\ (MJ/kg\ TM) = 0{,}0312\ g\ DXL + 0{,}0136\ g\ DXF + 0{,}0147\ g\ (DOS\text{-}DXL\text{-}DXF) + 0{,}00234\ g\ XP$$

Die Formel zur Berechnung der Nettoenergie (NEL) in Futtermitteln für laktierende Rinder lautet: (Ausschuss für Bedarfsnormen,.2001)

$$NEL\ (MJ/kg\ TM) = 0{,}6\ [\ 1 + 0{,}004\ (q-57)]\ ME\ (MJ/kg\ TM)$$

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig- Völkenrode (FAL)
* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft
** Institut für Ökologischen Landbau
*** Institut für Tierernährung

Ergebnisse und Diskussion

Die bisher erzielten Erträge der Jahre 2001 und 2002 sind geprägt durch erheblichen Wildschaden 2001 bzw. durch extreme Niederschläge von 212 mm zur Hauptdruschzeit im Juli 2002, die bis auf Ackerbohnen und Lupinen keine weitere Ernte zuließen.

Ein Vergleich mit dem Standardfuttermittel Sojaextraktionsschrot, mit einer Umsetzbaren Energie von 13,78 MJ/kg TM und einer NEL von 8,65 MJ/kg TM, zeigt, dass die heimischen Körnerleguminosen und auch deren Mischungen mit Sommergetreide energetisch gleiches Niveau erreichen (Tab.1). Zur Abstimmung der Mischungspartner aufeinander (Saatstärke, Abreife, Sorten) bedarf es allerdings weiterer Untersuchungen.

Tab. 1: Kornerträge (dt/ha) von Körnerleguminosen im Rein- und Mischanbau mit Sommergetreidearten sowie Umsetzbare Energie (ME) und Netto- Energie- Laktation (NEL)

Jahr	Kulturart(en)	Kornertrag FM (dt/ha)	Σ	Kornertrag TM (dt/ha)	Σ	ME Rind (MJ/kg TM)	NEL (MJ/kgTM)
2001	Ackerbohne	47,2		43,0		13,73	8,69
	Futtererbse	36,5		33,1		13,54	8,57
	Futtererbse/	16,3	55,7	14,8	50,7	13,25	8,37
	So.-Gerste	39,4		35,8			
	Futtererbse/	17,2	47,3	15,6	43,0	13,66	8,65
	Ackerbohne	30,1		27,4			
	Futtererbse/	22,3	48,6	20,1	43,9	13,51	8,58
	So.-Weizen	26,3		23,8			
	Futtererbse/	37,0	37,6	33,7	34,3	13,55	8,58
	Gelbe Lupine	0,6		0,6			
2002	Ackerbohne	26,7		23,3		13,73	8,69
	Weiße Lupine	25,9		22,3		15,10	9,49
	Gelbe Lupine	5,8		5,3		14,36	8,97
	Blaue Lupine	19,7		17,7		14,50	9,10

Auf Grund der hohen Gehalte an Rohprotein und einer entsprechend hohen Pufferkapazität wurde trotz Erreichens der Ziel-Trockenmassegehalte aus den Leguminosen bzw. Gemischen zur Bereitung von Ganzpflanzensilage mit Ausnahme der Helm- oder Faselbohne *(Dolichos lablab)* nur Futterkonserven minderer Gärqualität erzeugt. Dies ist vor allem auf überhöhte Buttersäurekonzentrationen, z.T auch auf den Proteinabbau bis zur Stufe des Ammoniaks zurückzuführen. Für die Folgeversuche ist daher die strategische Anwendung eines auch im Ökolandbau zugelassenen Siliermittels aus osmotoleranten Milchsäurebakterien geplant.

Literatur

Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2001): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 8 Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder, DLG-Verlags GmbH, Frankfurt (Main)

Rauber,R. (2002): Pflanzenbauliche Optimierung von Gemengen; Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 26-27

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 322–323 (2003)

Zur Eignung von *Brassica napus* spec. als Ackerpferch-Zwischenfrüchte bei variierenden Saat- und Ernteterminen

S. Echternacht und W. Opitz von Boberfeld *

Einleitung

Ackerpferche können in Winteraußenhaltungssystemen eine Alternative zur Winterweide auf Grünland sein, wenn diese nach Ende der Vegetationszeit nicht ausreichend trag-fähig sind. Neben der Nutzung von Ausfallgetreide und Stoppelresten als „Winterfutter auf dem Halm“ lässt sich das Futterangebot auch durch den gezielten Anbau von Zwischenfrüchten verbessern, wobei sich insbesondere *Brassicaceen* anbieten.

Material und Methoden

Die untersuchten Varianten, angeordnet als Spaltanlage mit drei Wiederholungen, sind Teil eines in 160 m ü. NN gelegen Freilandversuches, vgl. Tab. 1. Die Energiedichte wurde mit dem Hohenheimer Futterwerttest als umsetzbare Energie (= ME) nach der Formel 16e (STEINGASS und MENKE 1986) geschätzt. Ergosterol wurde nach Verseifung und Extraktion in Petrolether mittels HPLC am UV-Detektor bestimmt (SCHWADORF und MÜLLER 1989). Während der erste Winter von einer Trockenphase während der Saattermine und dadurch bedingten unterschiedlichen Auflaufen des Saatgutes geprägt war, zeigte sich das zweite Versuchsjahr niederschlagsreich. Es kam parzellenweise zu erschwerter Jungpflanzenentwicklung durch Verschlämmung. Trotz längerer

Tab. 1: Varianten, angeordnet als Spaltanlage

Faktoren	Stufen
1. Früchte	1.1 Ausfallgetreide-Simulation (*Hordeum vulgare* – 500 kg*ha^{-1}) 1.2 Winterraps (*Brassica napus* ssp.*napus*; AKELA, LIRATOP(00) – 12 kg*ha^{-1}) 1.3 Sommerraps, Weidetyp (*Brassica napus* ssp.*napus;* SPARTA, ORLY(00) –12 kg*ha^{-1}) 1.4 Sommerraps, Schnitttyp (*Brassica napus* ssp.*napus;* PETRANOVA, LIFORUM(00) – 12 kg*ha^{-1})
2. Saattermin	2.1 Anfang August (S1) 2.2 Mitte August (S2)
3. Erntetermin	3.1 Anfang November (E1) 3.2 Mitte Dezember (E2) 3.3 Ende Januar (E3)
4. Jahr	4.1 2001/2002 4.2 2002/2003

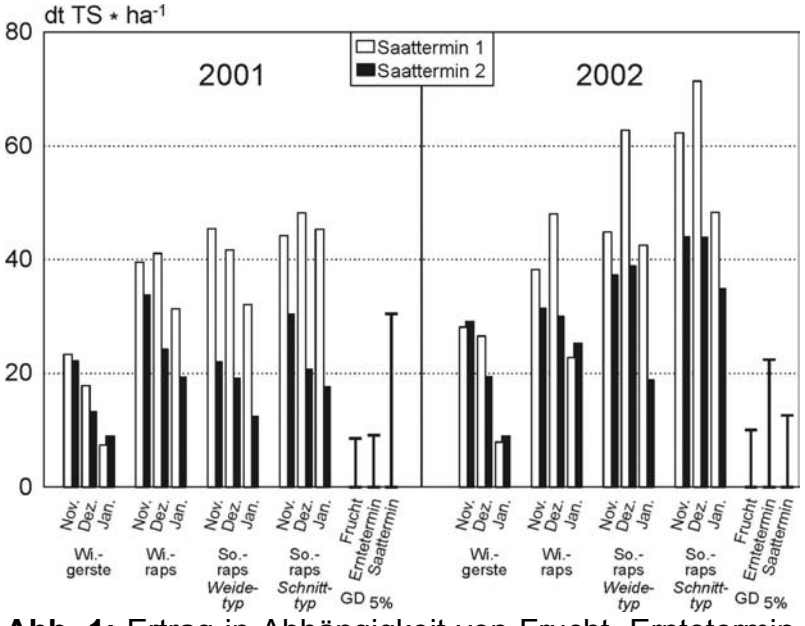


Abb. 1: Ertrag in Abhängigkeit von Frucht, Erntetermin, Saattermin und Jahr

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Frostphasen in 2002 gab es nur im ersten Versuchsjahr eine über längere Zeit geschlossene Schneedecke (29 Tage). Im Gegensatz zu den Abb. 1 und 3 sind in Abb. 2 beide Saattermine zusammengefasst dargestellt, da sich für die Zielgröße „Energiedichte“ kein signifikanter Einfluss des Saattermins feststellen lässt.

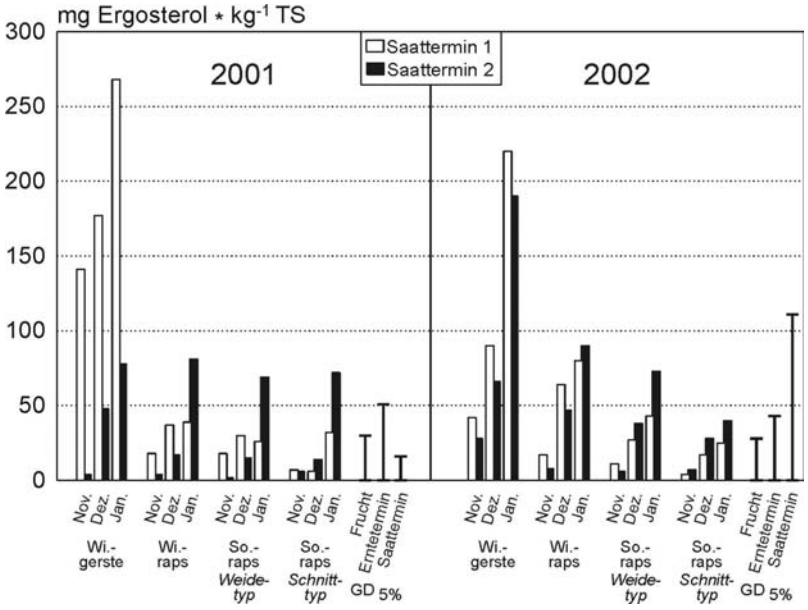


Abb. 2: Ergosterol-Gehalte in Abhängigkeit von Frucht, Erntetermin, Saattermin und Jahr

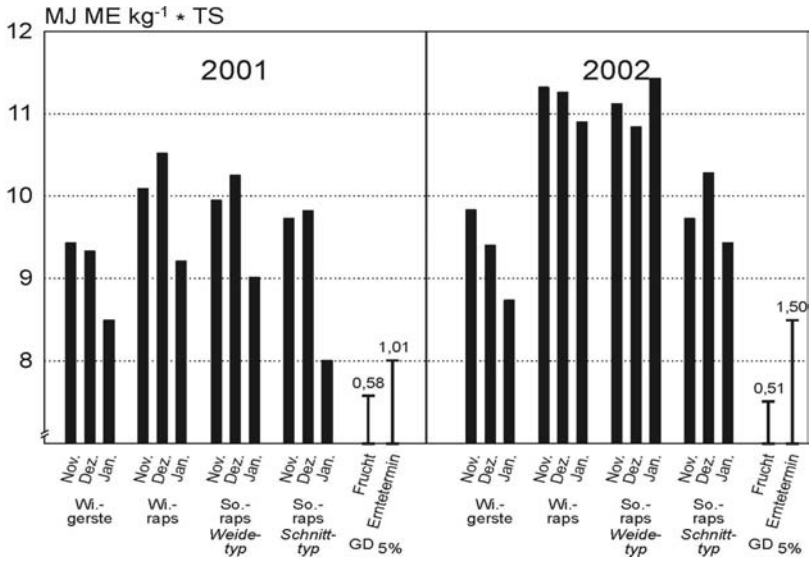


Abb. 3: Energiedichte in Abhängigkeit von Frucht, Erntetermin und Jahr

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Versuchsjahren zeigt sich, dass es möglich ist, den Ertrag und die Qualität des Winterfutters durch den gezielten Anbau von *Brassicaceen* zu verbessern. Der stängelreiche Sommerraps, Schnitttyp, erreicht die signifikant höchsten Erträge, bringt aber bezogen auf die Energieversorgung keine Verbesserung im Vergleich zum Ausfallgetreide, während Winterraps und der blattreiche Sommerraps, Weidetyp, die signifikant höchsten Energiewerte und gute Erträge liefern. Einhergehend mit dem Abbau von Pflanzenmaterial nimmt die ErgosterolKonzentra-tion als Maß für die Verpilzung im Verlauf des Winters zu, verglichen mit der Wintergerste sind *Brassicaceen* in der Regel jedoch weniger befallen. Trotz unterschiedlicher Witterungsverläufe erreichen sowohl der TS-Ertrag als auch die Futterqualität der Ausfallgetreide-Simulation in beiden Jahren ähnliche, vom Saattermin anscheinend unabhängige Ergebnisse, während die Brassicaceen insgesamt die signifikant höheren Erträge und Qualität aufweisen, diese aber stärker von Witterung und Saattermin beeinflusst werden.

Literatur

Schwadorf, K. und H. –M. Müller, 1989: Determination of ergosterol in cereals, feed components and mixed feed by liquid chromatographie. J. Assoc. Anal. Chrom. 72, 457-462.

Steingass, H. und K.H. Menke, 1986: Schätzungen des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 1. Mitteilungen: Untersuchungen zur Methode. – Übers. Tierern. 14, 251-270.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 324–325 (2003)

Charakterisierung von Maisgenotypen anhand des Gehaltes von wasserlöslichen Kohlenhydraten

S. Kruse, A. Herrmann, A. Kornher und F. Taube*

Einleitung

Sortenunterschiede hinsichtlich der Futterqualität von Silomais werden u.a. durch ein unterschiedliches Abreifeverhalten von Kolben und Restpflanze hervorgerufen. Die in dieser Phase stattfindende Assimilationstranslokation von der Restpflanze in den Kolben wird neben dem Genotyp auch durch Umweltbedingungen beeinflusst. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Regionale Erntezeitprognose von Silomais“, welches in Kooperation mit der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode (FAL) und dem Deutschen Maiskomitee (DMK) durchgeführt und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert wird, wird ein Modell zur Erntezeitoptimierung entwickelt, das außerdem eine differenzierte Charakterisierung von Sortentypen ermöglichen soll. Eine Beschreibung des Abreifeverhaltens erfolgt neben dem TM-Gehalt durch die Einbeziehung weiterer aussagekräftiger Qualitätsparameter, wie z.B. dem Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLK).

Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel wurden 8 Maisgenotypen (3 Reifegruppen) in den Jahren 2001/02 geprüft, die dahingehend ausgewählt wurden, dass sie hinsichtlich Reifegruppe, Abreifeverhalten und zu erwartender Inhaltsstoffzusammensetzung das aktuelle Sortenspektrum repräsentieren. An 7 unterschiedlichen Terminen (2 vor und 5 nach der Blüte) wurden 10 Maispflanzen geerntet, nach Kolben und Restpflanzen fraktioniert und anschließend gefriergetrocknet. Die Zuckergehalte wurden mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS), basierend auf einer modifizierten Anthronmethode ermittelt. Bei der statistischen Auswertung wurde eine heterogene, auto-regressive Kovarianz-struktur für repeated measurements angenommen (Prozedur „mixed model“ Programmpaket SAS 8.2 - SAS Inst. Inc.). Die paarweisen Mittelwertvergleiche erfolgten mit t-Test und anschließender Bonferroni-Holm Korrektur. Ferner wurden die rechnerisch ermittelten WLK-Gehalte der Gesamtpflanze mit Hilfe des von *Wulfes et al*. (1999) entwickelten FONSCH-Modells ausgewertet, welches die Entwicklung der WLK-Gehalte unter Berücksichtigung variabler Bestandeseigenschaften, Umweltverhältnisse und Bewirtschaftungsmaßnahmen beschreibt.

Ergebnisse und Diskussion

Absicherbare Differenzen der WLK Gehalte zwischen den Reifegruppen bestanden bei den Restpflanzen zwischen dem 4. und 6. Erntetermin (30-50% TS im Kolben). An diesen Terminen wurden innerhalb der frühen und mittelfrühen Reifegruppe Signifikanzen gefunden, am 5. Termin ebenfalls in der mittelspäten. Bei den Kolben ergaben sich im gesamten Vegetationsverlauf signifikante Unterschiede zwischen und im Mittel über die Termine innerhalb der mittelfrühen und mittelspäten Gruppe.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung-Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau-Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

Tab.1: Verrechnung der WLK-Gehalte innerhalb und zwischen den Reifegruppen.

Effect	Num DF Restpfl.	Num DF Kolben	F Value Restpfl.	F Value Kolben	Pr>F Restpfl.	Pr>F Kolben
jahr	1	1	1.57	115.60	0.3531	0.0041
sorte(reife)	5	5	9.53	19.15	<.0001	<.0001
reife	2	2	54.34	135.86	<.0001	<.0001
termin	5	4	270.54	848.33	<.0001	<.0001
reife*termin	10	8	15.05	13.83	<.0001	<.0001
sorte(reife)*termin	25	20	2.36	1.44	0.0091	0.1691
jahr*reife	2	2	0.15	43.28	0.8622	<.0001
jahr*sorte(reife)	5	5	0.67	2.83	0.6493	0.0415
jahr*termin	5	4	32.55	44.76	<.0001	<.0001

Die Modellierung der Zuckergehalte mit dem Modell FONSCH sollte klären, ob die signifikanten Jahreseffekte (Kolben) sich durch die Witterung (Temperatur, Einstrahlung) erklären lassen. Der Vergleich der simulierten mit den berechneten Werten zeigt eine etwas größere Abweichung bei den ersten beiden Ernteterminen, im weiteren Verlauf ergibt sich eine gute Anpassung mit mittleren Abweichungsmaßen (RMSE) von insgesamt 2,6 % (s. Tab.2). In Abb. 1 sind beispielhaft die Verläufe für zwei Sorten dargestellt. Nach Erreichen eines maximalen Gehaltes von 25,9 % bzw. 26,4 % WLK (obs Fuego) zum 3. Erntetermin (3 Wochen nach BBCH 65) fällt er zum Ende der Vegetationsperiode aufgrund der Stärkeakkumulation auf Werte von 4,0 % (2001) bzw. 6,9 % (2002) ab.

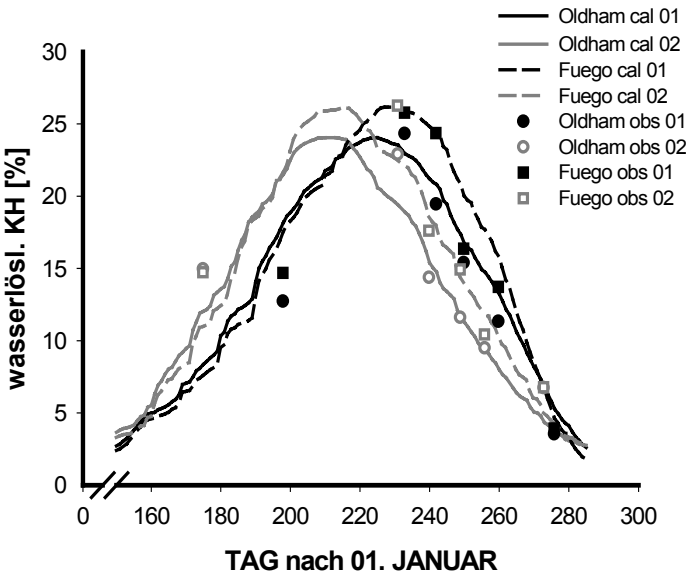


Abb. 1: Berechnete (cal) und gemessene (obs) WLK-Gehalte der Sorten Oldham (SRZ 220) und Fuego (SRZ 250) im Vegetationsverlauf über zwei Jahre (01/02).

Tab. 2: Modellanpassung für den WLK-Gehalt.

REIFEGRUPPE	n	R^2	RMSE
früh	36	0.83	2.66
mittelfrüh	36	0.85	2.84
mittelspät	24	0.87	2.45

In beiden Jahren liegen die maximalen WLK-Gehalte der späteren Sorte Fuego über denen von Oldham (+1,4 % 2001 bzw. +3,7 % 2002) wogegen sich zur Siloreife hin, die Gehalte der beiden Sorten immer weiter angleichen (+0,4 % in 2001, +0,04 % in 2002). Die Gehalte sind in Verlauf und Höhe vergleichbar mit Untersuchungen von *Oldenburg und Laws* (1993).

Literatur

Oldenburg, E. und W. Laws, 1993: Zuckergehalte von Wintergerste und Mais 1. Mitteilung: Veränderungen im Verlauf der Vegetationsphase. Landbauforschung Völkenrode 43. Jahrgang, 2/3, 53-59.

Wulfes, R., Nyman, P. und A. Kornher, 1999: Modelling non-structural carbohydrates in forage grasses with weather data. Agricultural systems, 61, 1-16.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 326–327 (2003)

Einfluss der N-Düngung auf die N_2O-Emissionen auf Grünland und ^{15}N

Carola Lampe*, K. Dittert**, M. Wachendorf*, B. Sattelmacher**, F. Taube*

Einleitung

Die Verluste gasförmiger N-Komponenten aus Böden in die Atmosphäre als Ergebnis der mikrobiellen Aktivität (Nitrifikation, Denitrifikation), reduzieren die N-Verfügbarkeit in Böden. Zudem ist Lachgas (N_2O) ein wirksames Treibhausgas und besitzt einen großen Einfluss auf den Abbau von stratosphärischem Ozon. Die Bedeutung von N_2O nimmt durch dessen steigende Konzentration (ca. 0,3% pro Jahr) in der Atmosphäre zu (Mosier, 1998). Die N_2O-Emissionen werden wesentlich von den Standortfaktoren Boden, Witterung und N-Versorgung bestimmt. Im Rahmen des „N-Projektes Karkendamm“ der Universität Kiel wurden die N_2O-Verluste über ein Jahr in hoher zeitlicher Auflösung quantifiziert. Generelle Vorstellungen über die Höhe der N_2O-Freisetzung unter den gegebenen Standortverhältnissen sollen erhalten und die Bedeutung von Bewirtschaftungsmaßnahmen, N-Düngung und Witterungsfaktoren erfasst werden.

Material und Methoden

Versuchsstandort: Der zugrundeliegende Feldversuch wurde auf einem humosen Sandboden (3,35% C) des Versuchsbetriebes Karkendamm der Christian–Albrechts-Universität Kiel im Kreis Segeberg von April 2001 bis März 2002 durchgeführt. Seit 1996 wird die Versuchsfläche als Grünland in Form einer Mähweide bewirtschaftet. Diese wird zweimal geschnitten und anschließend beweidet. Der Versuch beinhaltet fünf Varianten mit je drei Wiederholungen (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Die fünf Behandlungen des N_2O-Versuches unter Mähweidenutzung.

Behandlung	mineralischer N (kg ha^{-1} a^{-1})	Gülle-N (kg ha^{-1} a^{-1})	N_2-Fixierung (kg N ha^{-1} a^{-1})	Gesamt-N-Zufuhr (kg ha^{-1} a^{-1})
Kontrolle (C)	0	0	89	89
^{15}N Gülle (S)	0	74	41	115
^{15}N 100 KAS-N (M)	100	0	34	134
Gülle+ ^{15}N 100N (MS)	100	74	59	233
^{15}N Gülle+100N (SM)	100	74	88	262

Gasanalytik: Im Zentrum der Versuchsparzellen wurde ein PVC-Bodenring (∅ 60 cm) 5 cm tief in den Boden eingelassen. Die Gasprobenahme wurde nach der Closed-Chamber-Methode durchgeführt. Die Flussrate des N_2O aus dem Boden in die Atmosphäre konnte durch die Verfolgung des Konzentrationsanstiegs in der Haube über 45 min bestimmt werden. Gasproben wurden 15, 30 und 45 min nach Schließung der Hauben entnommen. Die Gasprobenahme erfolgte 1-5 mal pro Woche. Die N_2O-Gehalte der Gasproben und die ^{15}N-Isotopzusammensetzung des N_2O wurden am Stabilisotopen-Massenspektrometer (Finnigan) gemessen.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel;
** Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel.

Ergebnisse und Diskussion

Gesamt-N_2O-N Emissionen: Für den Zeitraum April 2001 bis März 2002 variierten die jährlichen N_2O-N Emissionen zwischen 2 und 5 kg N_2O-N ha^{-1} a^{-1} (Abb. 1). Zur Ermittlung dieser Werte wurden die Messergebnisse der Messtermine linear interpoliert und anschließend aufsummiert. Die statistische Verrechnung mit dem Programmpaket SAS ergab, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten gibt. Die Höhe der jährlichen N_2O-N Emissionen stimmt mit Ergebnissen von Flessa *et al.* (1998) und Poggemann *et al.* (1999) u.a. überein.

N_2O-Emissionsraten – Schnittperiode (2.4.-31.7.2001): Zur Bestimmung der mittleren N_2O Emissionen der Schnittperiode (Abb. 2) wurden die Werte von 44 Messterminen gemittelt und das arithmetische Mittel der drei Einzelhauben gebildet. Während der Schnittperiode, in der zweimal gedüngt wurde, variierten die mittleren N_2O-Emissionsraten der Varianten zwischen 15 und 37 µg N m^{-2} h^{-1} (ganzer Balken). Die Varianzanalyse mit dem Dunnett-Test ergab, dass sich die SM Variante von der Kontrolle signifikant unterscheidet. Der gestreifte bzw. karierte Teil der Balken stellt den mineraldünger- bzw. güllebürtigen Anteil des N_2O dar, die Zahl oberhalb des Balkens den düngerbürtigen Anteil in Prozent der Emissionsrate. Aus dem Mineraldünger emittierte signifikant mehr N_2O-N (39% bzw. 22%) als aus der Gülle (9% bzw. 8%), was darauf zurückzuführen ist, das der gesamte Mineraldünger für die Mikroorganismen sofort verfügbar war, aber nur etwa 50% des Gülle-N in Form von NH_4-N. Dieses Ergebnis zeigt, dass der Boden-N-Vorrat einen erheblichen Beitrag zur N_2O-Bildung leistet. Ein Vergleich mit anderen Studien ist derzeit nicht möglich, da es zu diesem Thema kaum vergleichbare Versuchsansätze gibt.

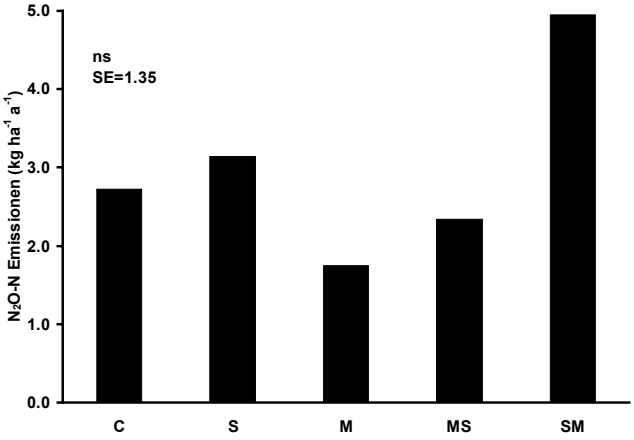


Abb. 1: Gesamt-N_2O-N Emissionen (kg N ha^{-1} a^{-1}) für den Zeitraum April 2001 bis März 2002.

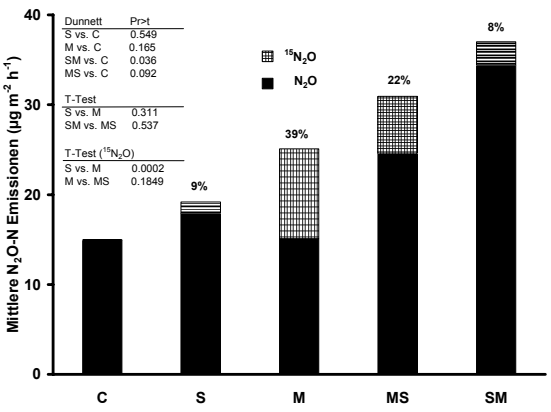


Abb. 2: Mittlere N_2O-Emissionsraten (µg N m^{-2} h^{-1}) für die Schnittperiode (2.4.-31.7.2001) und düngerbürtiger Anteil (%).

Literatur

Flessa, H., U. Wild, M. Klemisch & J. Pfadenhauer (1998). Nitrous oxide and methane fluxes from organic soils under agriculture. European Journal of Soil Science, 49, 327-335.

Mosier, A.R. (1998). Soil processes and global change. Biology and Fertility of Soils, 27, 221-229.

Poggemann, S., F. Weißbach & U. Küntzel (1999). Reduktion der N-Überschüsse und Freisetzungen von N_2O aus Grünland. Berichte über Landwirtschaft Band 77, 21-34.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 328–329 (2003)

Die Veränderung des Bodenwassergehalts von Mais (*Zea mays* L.) durch lebenden Italienisch Raigras-Mulch (*Lolium multiflorum* Lam.)

Markus Liedgens* und Peter Stamp**

Einleitung

Lebende Mulche, eine Form des Mischfruchtanbaus, bei der ein Mischungspartner über einen längeren Zeitraum während der Vegetation der Hauptfrucht vornehmlich als lebender Bodendecker fungiert (Feil und Liedgens, 2001), stellen im Ackerbau eine umweltschonende Anbaustrategie dar, die zur Reduzierung von Erosion und Nitratauswaschung beitragen kann. In gemäßigten, regenreichen Regionen sind solche Maßnahmen hauptsächlich bei Früchten mit weiten Reihenabständen wie dem Mais wichtig. Der ökologische Vorteil von lebenden Mulchen kann aber durch Ertragseinbussen der Hauptfrucht in Folge der Konkurrenz durch den Bodendecker zunichte gemacht werden. In diesem Zusammenhang wird oft Wasser als einer der limitierenden Faktoren betrachtet. Systematische Untersuchungen der Wasserverfügbarkeit beim Maisanbau in lebenden Mulchen fehlen weitgehend.

Material und Methoden

Der Versuch wurde in den Jahren 1994/95 und 1995/96 in Lysimeter (Fläche: 1m^2; Bodensäule: 1.5 m; Liedgens et al., 2000) durchgeführt. Italienisches Raisgras wurde im Herbst in 4 Lysimeter gesät. Weitere 4 Lysimeter wurden ohne Bodenbedeckung belassen. Im Mai des darauffolgenden Jahres wurde in den Raigrasparzellen ein 0.3 m breiter Streifen in der Mitte der Lysimeter gefräst, in den der Mais gesät wurde (Verfahren lebender Mulch). Nach oberflächlicher Bodenbearbeitung wurde Mais auch in die Mitte der brachen Lysimeter gesät (verfahren konventioneller Maisanbau). Fünf TDR („time domain reflectometry“) -Sonden (zweiadrig, 0.3 m lang) wurden in jedem Lysimeter installiert: zwei senkrecht (0.0 – 0.3 m) in der Maisreihe und 0.3 m davon entfernt und 3 waagrecht, quer zur Maisreihe, in 0.3, 0.6 und 0.9 m Tiefe. TDR-Messungen wurden während der Maissaison alle 3 bis 4 Tage durchgeführt und in volumetrische Bodenwassergehalte umgerechnet. Das Sickerwasservolumen und der Maisertrag wurden ebenfalls bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 sind die zeitlichen Veränderungen des Bodenwassergehaltes zweier Meßpunkte in beiden Versuchsjahren dargestellt. Die Wassergehalte zeigten unabhängig von Verfahren, Versuchsjahr oder Meßpunkt einen einheitlichen Verlauf: die zu Beginn hohen Wassergehalte nahmen im Laufe der Maissaison ab und erreichten ein Minimum zur Zeit der Maisblüte oder etwas später. Gegen Ende der Maissaison erholten sich die Wassergehalte wieder. Daß Ausmaß dieser Erholung wurde durch die Verfahren, das Versuchsjahr und den Meßpunkt beeinflußt.

Tab. 1: Kornertrag und Sickerwasservolumen.

	Kornertrag				Sickerwasser			
	konv.		LM		konv.		LM	
	--- g m^{-2} ---				--- mm ---			
1995	22.7	a	13.9	b	616	a	427	b
1996	10.0	a	6.4	b	319	a	160	b

* Institut für Pflanzenwiss., ETH Zürich, FEL, Eschikon 33, CH-8315 Lindau.
** Institut für Pflanzenwiss., ETH Zürich, LFW C 14, CH-8092 Zürich

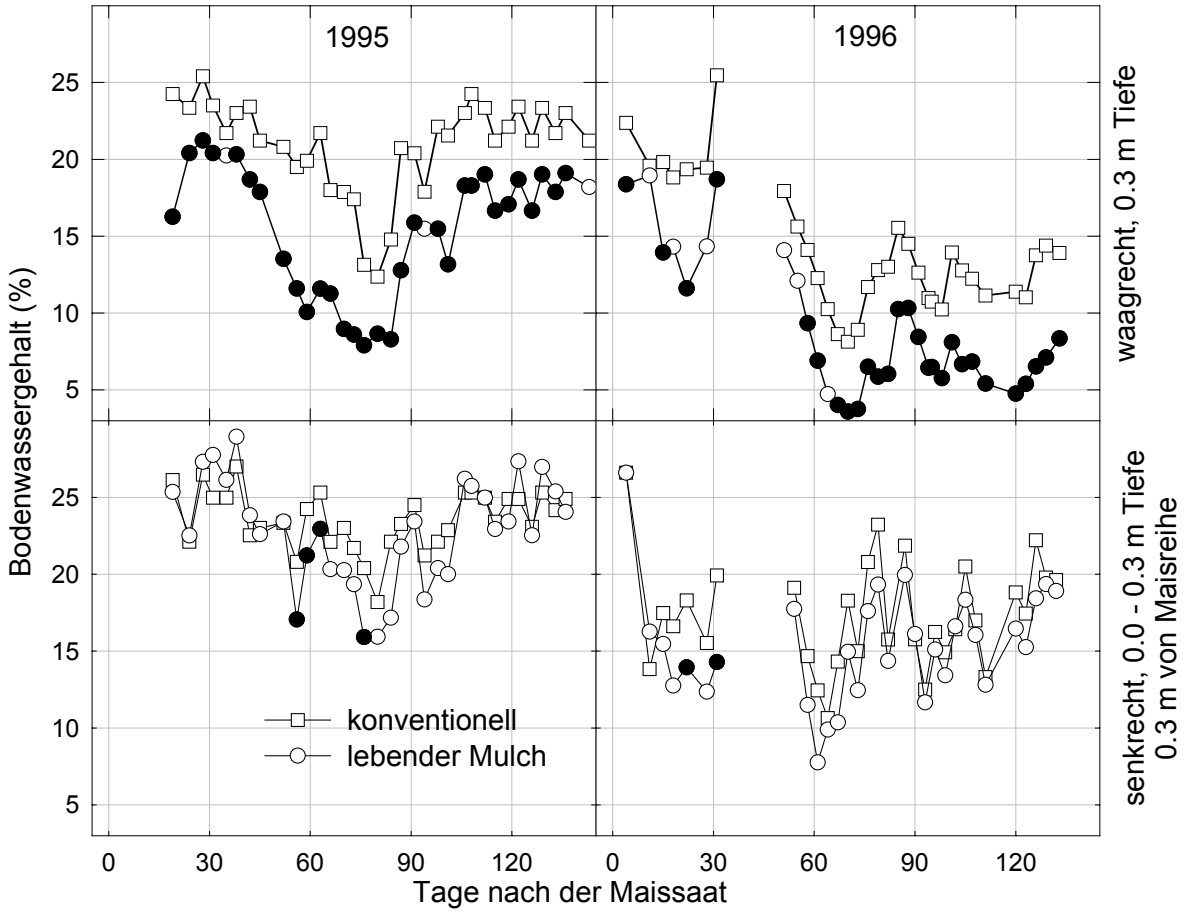


Abb. 1: Einfluss von Maisanbausystemen auf den Bodenwassergehalt. (•signifikante Unterschied zwischen den Anbauverfahren).

Der Wassergehalt im Oberboden (0.0 – 0.3 m) war größeren zeitlichen Schwankungen ausgesetzt und zeigte im Gegensatz zu tieferen Bodenschichten auch nur sporadische Unterschiede zwischen dem lebenden Mulch und dem konventionellen Maisanbauverfahren. Im Unterboden, exemplarisch am Beispiel der Messungen in 0.3 m Tiefe dargestellt (Abb. 1), war in beiden Versuchsjahren an fast allen Meßterminen ein signifikant geringerer Wassergehalt im lebenden Mulch im Vergleich zum konventionell angebauten Mais zu beobachten. Außerdem unterschieden sich die beiden Verfahren auch durch ein geringeres Sickerwasservolumen im lebenden Mulch (Tabelle 1).

Die Resultate deuten darauf hin, daß die Graspflanzen zu einer Reduzierung der Wasserverfügbarkeit im System lebender Mulch führen und somit für einen Teil des Ertrageinbruchs (Tabelle 1) gegenüber dem konventionell angebauten Mais verantwortlich sind. Die unterschiedliche Wirkung der Anbausysteme auf den Wassergehalt in verschiedenen Bodentiefen läßt sich dadurch erklären, daß die Maismonokultur das Wasser im Ober- aber nicht im Unterboden vollständig zu erschließen vermag.

Literatur

Feil, B.. Liedgens, M. 2001. Pflanzenproduktion in lebenden Mulchen – eine Übersicht. Pflanzenbauwiss. 5, 15-23.

Liedgens, M., Richner, W., Stamp, P. and Soldati, A. 2000. A rhizolysimeter facility for studying the dynamics of crop and soil processes: description and evaluation. Plant Soil 223, 87-97.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 330–331 (2003)

Zur Gärqualität von Festuco-Brometea-Arten in Abhängigkeit von Laktobakterienzusatz und Jahr

W. Opitz v. Boberfeld, P. Daniel & M. Sterzenbach *

Einleitung

Festuco-Brometea-Aufwüchse werden traditionell über Heubereitung konserviert. Hohe Kräuteranteile und ein damit verbundenes uneinheitliches Trocknungsverhalten führen häufig zu hohen Bröckelverlusten (Sterzenbach 2002). Eine Alternative stellt deshalb die Silagebereitung dar. Ergebnisse zeigen jedoch, dass die Kräuter von Festuco-Brometea-Gesellschaften aufgrund geringer Z/Pk-Quotienten und Nitratkonzentrationen vermutlich schlechte Gäreigenschaften besitzen (Weissbach 1998, Theobald 2002). Gräser, wie *Lolium perenne* und *Festuca ovina duriuscula*, werten dagegen offenbar die Gäreignung dieser Bestände auf (Theobald & Opitz v. Boberfeld 2002).

Ziel dieser Untersuchung ist es, die Gärquälität einiger Festuco-Brometea-Arten zu bestimmen und zu untersuchen, ob diese durch Zugabe von homofermentativen Laktobakterien-Konzentraten verbessert werden kann.

Material und Methoden

Untersucht wurde die Gärqualität von *Lolium perenne*, *Festuca ovina duriuscula*, *Centaurea scabiosa*, *Salvia pratensis* und *Sanguisorba minor* als Reinsaaten Mitte Juni geernteter Aufwüchse dreier Jahre. Die Aufwüchse wurden auf 30 % TS vorgewelkt und ohne bzw. mit Laktobakterien-Zusatz (= 10^5 cfu SILA BAC) einsiliert.

Die Beurteilung der Gärqualität erfolgte über die pH-Werte (Anonymus 1997), den NH_3-N-Anteil (Honold & Honold 1991) am Rohprotein-N-Gehalt (Anonymus 1997) und die Buttersäure-Konzentration. Darüber hinaus wurde die Milchsäure-Konzentration kolorimetrisch (Haaker et al. 1983) und die flüchtigen Fettsäuren sowie Ethanol gaschromatographisch nach Theune (1979) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Lolium perenne und *Festuca ovina duriuscula*-Silagen erreichen unabhängig vom Silierzusatz pH-Werte unterhalb des kritischen Bereiches (= pH 4,5). Bei den Kräutern ist dies nur bei Zusatz von Laktobakterien-Konzentraten möglich, vgl. Abb. 1., was durch signifikant höhere Milchsäure-Konzentationen, vgl. Abb.2, und einen signifikanten Rückgang der Konzentration flüchtiger Fettsäuren hergerufen wird. Erhöhte Buttersäure-Konzentrationen treten lediglich 1999 und 2000 in der Kontrolle bei *Salvia pratensis* und *Sanguisorba minor* (= 0,4-1,2 % in der TS) auf. Die NH_3-N-Anteile am Rohprotein-N-Gehalt liegen bei *Sanguisorba minor* am niedrigsten und bei *Lolium perenne* am höchsten; ein Zusatz von Laktobakterien-Konzentraten führt jedoch zu signifikant niedrigeren NH_3-N-Anteilen am Rohprotein-N-Gehalt.

Fazit

Im Hinblick auf die Gärqualität zeigen die Ergebnisse, dass die untersuchten Kräuter in Reinsaat unter den gegebenen Bedingungen nicht den pH-Wert von 4,5 unter

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

schreiten. Mischbestände mit Gräsern und insbesondere Zugabe von Laktobakterien-Konzentraten machen dagegen eine Erzeugung gärbiologisch einwandfreier Silagen möglich.

Literatur

Anonymus, 1997: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch Bd. 3, Verl. VDLUFA, Darmstadt.

Haaker, K., H.-J. Block & F. Weissbach, 1983: Zur kolorimetrischen Milchsäurebestimmung in Silagen mit p-Hydroxydiphenyl. Arch. Tierernährung 33, 505-512.

Honold, F. & B. Honold, 1991: Ionenselektive Elektroden: Grundlage und Anwendung in Biologie und Medizin. Verl. Birkhäuser, Basel, Bosten, Berlin.

Sterzenbach, M., 2002: Mechanical caused losses during hay production on extensively managed grassland. Grassland Sci. Europe 7, 476-477.

Theobald, P., 2002: Zur Leistung von Festuco-Brometea-Arten unter variierenden Bedingungen. Diss. Gießen.

Theobald, P. & W. Opitz v. Boberfeld, 2002: Zu den Gäreigenschaften von Festuco-Brometea-Arten in Abhängigkeit von N-Aufwand, Nutzungsfrequenz und Jahr. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 215-216.

Theune, H. H., 1979: Gaschromatographische Bestimmung der kurzkettigen Fettsäuren einschießlich Ethanol und Buttersäure aus Gärfutter. Ein Methodenvergleich. Landwirtsch. Forsch. 26, 540-547.

Weissbach, F., 1998: Untersuchungen über die Beeinflussung des Gärungsverlaufes bei der Bereitung von Silagen durch Wiesenkräuter verschiedener Spezies im Aufwuchs extensiv genutzter Wiesen. Landbauforsch. Völkenrode, Sonderh. 185

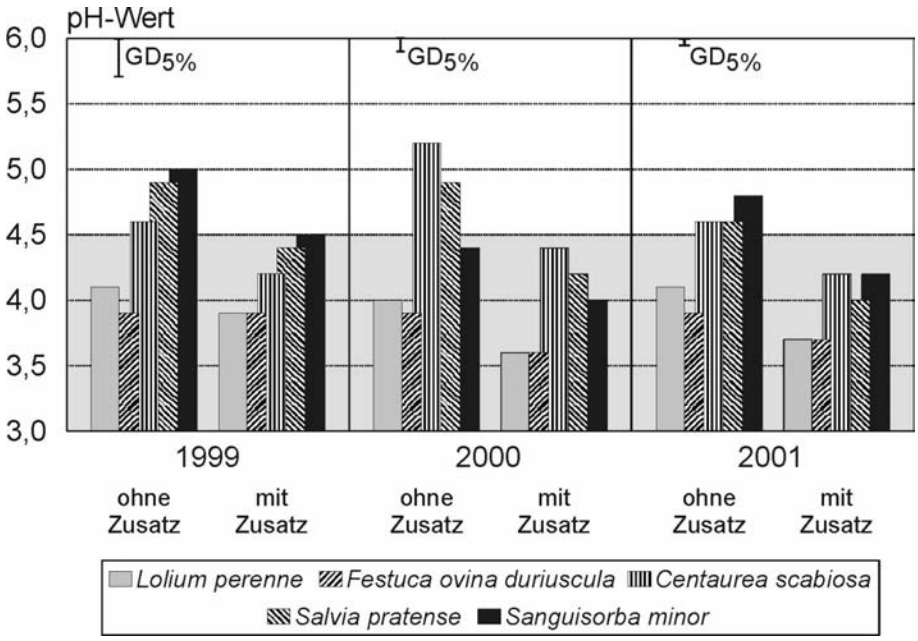


Abb. 1: pH-Werte in Abhängigkeit von Jahr, Zusatz und Art

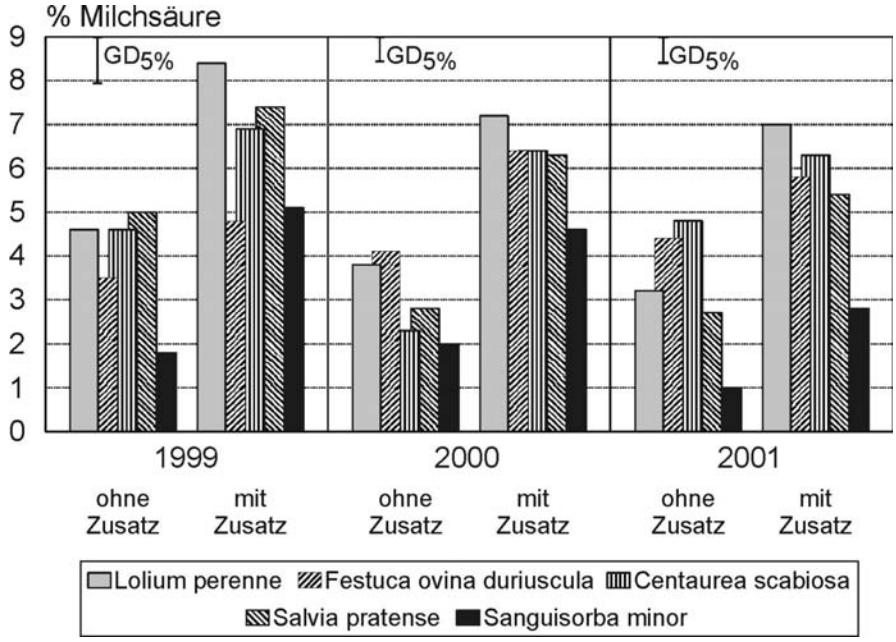


Abb. 2: Milchsäure-Konzentrationen in Abhängigkeit von Jahr, Zusatz und Art

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 332–333 (2003)

Zur Zellwandbeschaffenheit von Winterweidefutter in Abhängigkeit von Erntetermin und Fazies

W. Opitz v. Boberfeld, M. Kräling & M. Sterzenbach *

Einleitung

Durch die Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Winterweidefutter ist es möglich, durch eine Verlängerung der Weideperiode in den Winter hinein kostenträchtige Konserven einzusparen (Opitz v. Boberfeld & Wolf 2002). *Festuca arundinacea* stellt dabei das wichtigste Winterfuttergras dar. x *Festulolium* als Hybrid zwischen den Gattungen *Festuca* und *Lolium* bietet dagegen die Möglichkeit, die gute Qualität von *Lolium spec*. mit der erhöhten Ausdauer von *Festuca spec*. zu kombinieren (Speer et al. 1983). Über die Qualität von Winteraufwüchsen ist neben Opitz v. Boberfeld & Wolf (2003) in Europa jedoch wenig bekannt.

Ziel war es zu untersuchen, welchen Einfluss Fazies und Vornutzung auf die Zusammensetzung der Zellwandbestandteile und Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate von Winteraufwüchsen hat.

Material und Methoden

Tab. 1: Versuchsvarianten

Faktoren	Stufen
1 Fazies	1.1 *Festuca arundunacea*
	1.2 x *Festulolium*
	1.3 *Lolium perenne*
2 Vornutzung	2.1 Anfang Juni
	2.2 Mitte Juli
3 Erntetermin	3.1 Anfang Dezember
	3.2 Mitte Januar
	3.3 Ende Februar

Untersucht wurden die Zellwandbestandteile und Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate von *Festuca arundinacea* Schreb.(= ELFINA+MALIK), x *Festulolium* (= PAULITA) und *Lolium perenne* (= ARABELLA, WEIGRA) als Reinsaaten von Winterweidefutter über zwei Jahre, vgl. Tab. 1. Die Konzentration der wasserlöslichen Kohlenhydrate wurde mit Hilfe der Anthronmethode (Yemm & Willis 1954) bestimmt; außerdem wurden die Konzentration an Neutraler-Detergentien-Faser (= NDF), Acid-Detergentien-Faser (= ADF) und Lignin (= ADL) bestimmt (Anonymus 1997).

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Aufgliederung der Zellwandbestandteile und die Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate sind in Abb. 1 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Hauptwirkung Wintererntetermin bei allen drei Arten gesichert ist; Hemizellulose-, Zellulose- und Lignin-Konzentrationen nehmen von Erntetermin zu Erntetermin zu, wogegen die Konzentrationen wasserlöslicher Kohlenhydrate, vor allem zwischen Dezember und Januar, abnehmen, vgl. Abb. 1. *Festuca arundinacea* besitzt dabei insgesamt höhere Hemizellulose- und Cellulosegehalte als die beiden anderen Arten; dagegen ist die Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate geringer. Die Lignin-Konzentrationen sind bei allen drei Arten vergleichbar. Länger geschontes Material

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

weist dagegen einen höheren Anteil an Zellwandbestandteilen und geringere Konzentrationen wasserlöslicher Kohlenhydrate als junges Winterweidefutter auf.

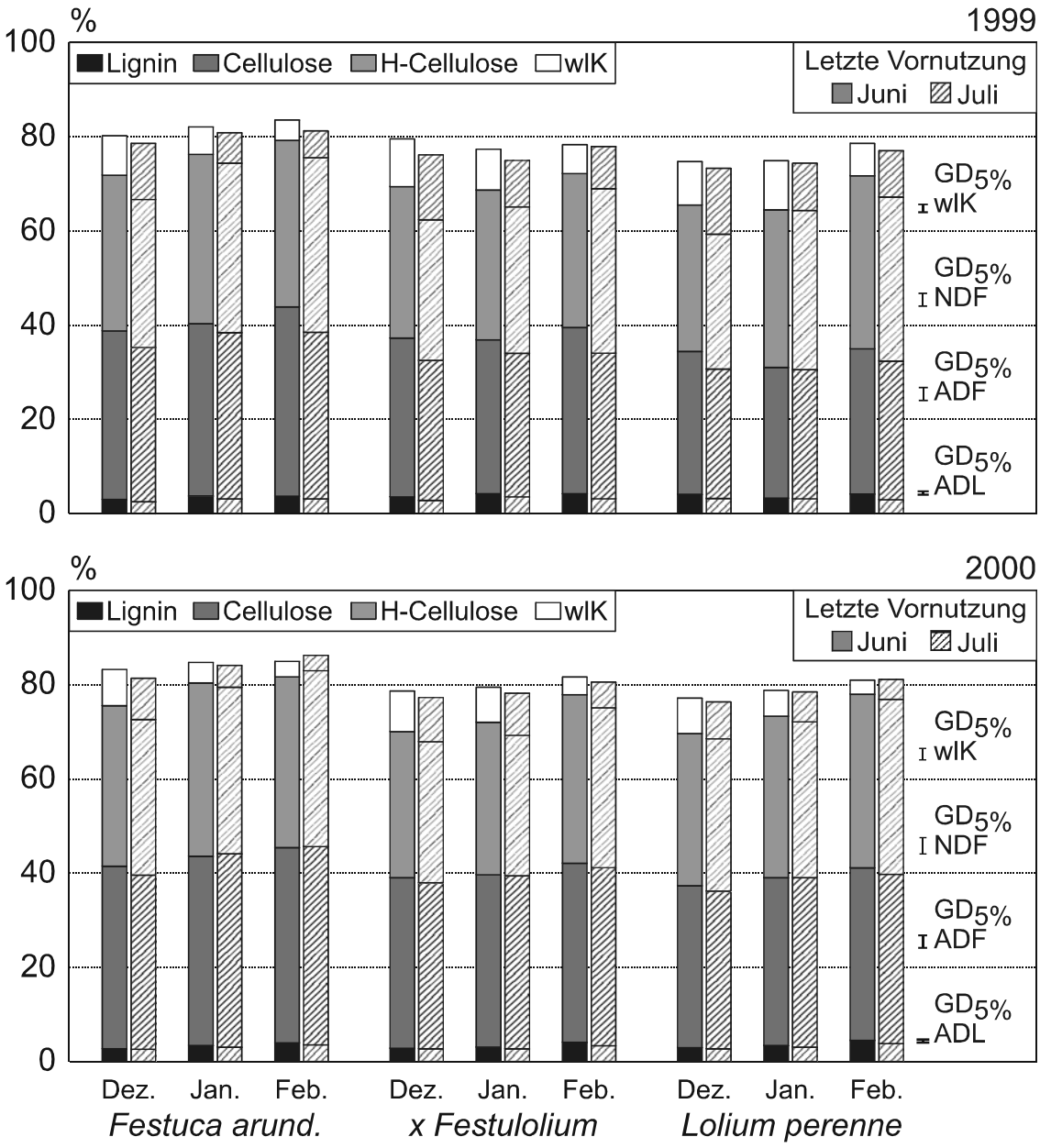


Abb. 1: Zellwandbestandteile und wlK-Konzentrationen in Abhängigkeit von Fazies, Erntetermin und Vornutzung

Literatur

Anonymus, 1997: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch Bd. 3, Verl. VDLUFA, Darmstadt.

Opitz v. Boberfeld, W. & D. Wolf, 2002: Zum Effekt pflanzenbaulicher Maßnahmen auf Qualität und Ertrag von Winterweidefutter "auf dem Halm". German. J. Agron. 6, 9-16.

Speer, G.S., D.W. Allinson & W.W. Washko, 1983: An evaluation of yield and quality components of *Lolium x Festuca* hybrids. Research Rep. Storrs agric. Experim. Station, Connecticut. 77, 1-19.

Yemm, E.W. & A.J. Willis, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochem. J. 54, 508-514.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 334–335 (2003)

Ertrags- und Inhaltsstoffentwicklung von Traubensilberkerze (*Cimicifuga racemosa* (L.) Nuttal) im Vegetationsverlauf

G. Jänisch-Martens*, G. Abel**, R. Schenk*

Einleitung

Der getrocknete Wurzelstock der Traubensilberkerze (*Cimicifuga racemosa*) wird als pflanzliches Heilmittel zur Behandlung von klimakterischen und gynäkologischen Beschwerden eingesetzt. Der Bedarf an Droge ist in den letzten Jahren enorm angestiegen. Zur Zeit wird die Droge nur über Wildsammlungen gewonnen (LYKE 2001). Um den steigenden Bedarf decken zu können, ohne die Art am natürlichen Standort zu gefährden, muss eine Inkulturnahme erfolgen.

Die Traubensilberkerze (*C. racemosa*) gehört zur Familie der Ranunculacea und wird der Gattung Cimicifuga zugeordnet. Ihr natürliches Verbreitungsgebiet liegt im Osten Kanadas und in den USA an der Ostküste zwischen Maine und Georgia und erreicht im Westen die Staaten Iowa, Missouri und Arkansas. *C. racemosa* ist ausdauernd und winterhart. Sie bevorzugt frische bis feuchte oder anmoorige und halbschattige Lagen mit guter Wasserführung und ist in lichten Laubwäldern und auf feuchten Wiesen zu finden (COMPTON 1992).

Neben der Traubensilberkerze (*C. racemosa*) gibt es noch 5 weitere nordamerikanische und 6 eurasische Arten der Gattung. Alle Arten zeichnen sich durch eine attraktive Größe aus, die Blätter sind meist geteilt und die Stängel riechen stark.

Hinsichtlich seiner Inhaltsstoffe ist der Wurzelstock von *C. racemosa* noch nicht vollständig analysiert. Beschrieben sind 15-20% Harze und Bitterstoffe, als Hauptbestandteile Triterpenglykoside, Phenolcarbonsäuren, Salicylsäure, Fettsäuren und Flavonoide.

Für den Anbau der Traubensilberkerze (*C. racemosa*) liegen keine Erfahrungen vor und es gibt keine Erkenntnisse darüber, wie sich Ertrag und Inhaltsstoffe entwickeln. In dem 2001 begonnenen Forschungsprojekt zur „Inkulturnahme von *Cimicifuga racemosa*“ spielt daher die Ermittlung des optimalen Erntezeitpunktes hinsichtlich des Ertrages und der Inhaltsstoffe eine wichtige Rolle.

Material und Methoden

Im Jahr 2001 wurde am Standort Berlin Dahlem eine Versuchsanlage mit 24 Parzellen etabliert. Pro Parzelle wurden 3 Reihen gepflanzt mit jeweils 7 Pflanzen. Die Reihen- und Pflanzabstände betrugen jeweils 50 cm.

Die erste Wurzelernte erfolgte im Oktober 2001. Im Jahr 2002 wurden ab April bis Oktober (Blattwelke) 14-tägige Wurzelernten durchgeführt. Die Pflanzen sind per Hand geerntet, gewaschen und getrocknet worden. Frisch- und Trockenwurzelmasse wurden bestimmt. Des weiteren erfolgte die Bestimmung des Exraktivstoffgehaltes, der Triterpenglycoside (photometrisch) und der Phenolcarbonsäuren (HPLC).

* Humboldt-Universität Berlin, Landwirtschaftlich- Gärtnerische Fakultät, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Albrecht-Thaer-Weg5, 14195 Berlin
** Bionorica AG, Kerschensteinerstr. 11-25, 92318 Neumarkt/ OPf.

Ergebnisse und Diskussion

Wurzelertrag
Die Ergebnisse der Untersuchungen im Jahr 2002 ließen einen Zuwachs der Wurzeltrockenmasse im Jahresverlauf erkennen. Bei einer Ernte im ersten Jahr (Herbst 2001) wurde ein durchschnittlicher Wurzelertrag (Trockenmasse) von 47,4g pro Pflanze ermittelt. Im zweiten Jahr (Herbst 2002) ergibt sich ein durchschnittlicher Ertragszuwachs bis auf 135,5g pro Pflanze.

Extraktivstoffgehalt
Der Extraktivstoffgehalt unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen.
Im Herbst 2001 liegt der Wert bei 16 %. Im Frühjahr vor dem Austrieb der Blätter erreicht er einen Wert von 28%, der dann mit der Entwicklung des Blattapparates bis zum Blühbeginn Mitte Juni auf 15% absinkt. Danach bleibt der Gehalt relativ konstant. Er sinkt ab der Bildung der Sprossknospen Anfang August bis September auf 13 % und steigt im Oktober mit dem Absterben der Blätter wieder auf 17% an (Abb.:1).

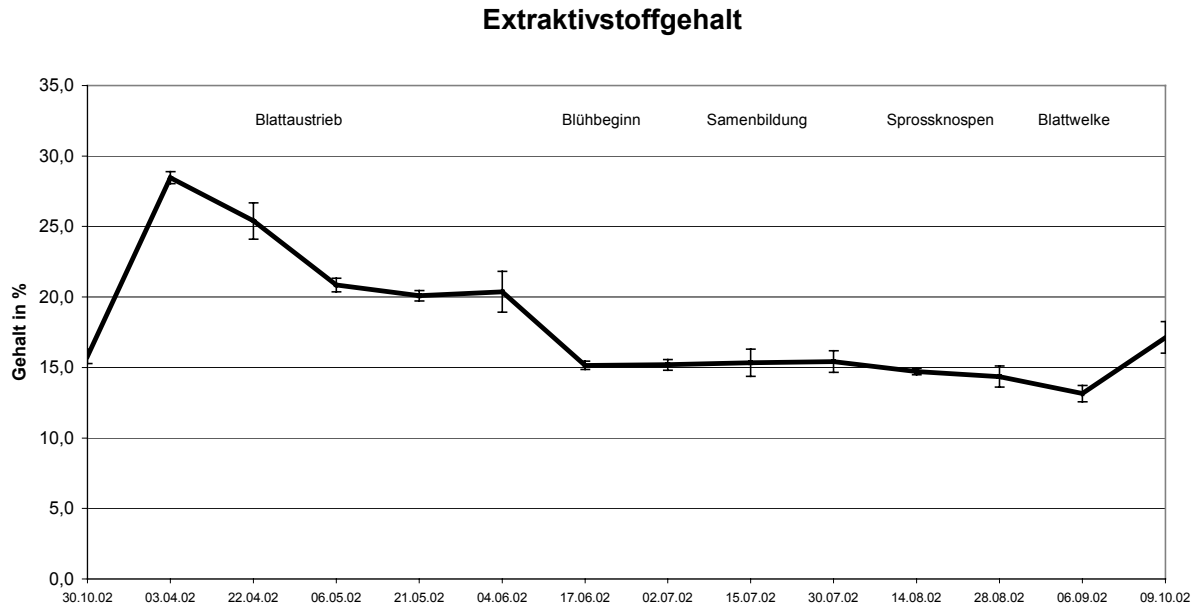


Abb: 1: Verlauf Extraktivstoffgehalt im zweiten Jahr (2002)

Die Gehalte der Triterpenglycoside und Phenolcarbonsäuren unterliegen wie der Extraktivstoffgehalt ebenfalls jahreszeitlichen Schwankungen.

Der Versuch wird im Jahr 2003 weitergeführt, um die Ergebnisse aus dem Jahr 2002 weiter zu präzisieren.

Literatur

Compton, J., 1992: A bane of name for a fine plant. The garden, Journal of the Royal Horticultural Society, Vol.117, Part. 11, Nov.1992

Lyke, J. 2001: Conservation status of *Cimicifuga rubifolia*, *C. americana* und *C. racemosa*. Medicinal Plant Conservation, Aug. 2001, 20-24

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 336–337 (2003)

Untersuchungen zum Einfluss des Erntetermins auf Ertrag und Qualität der Blattdrogen bei der Artischocke (*Cynara cardunculus* L. subsp. *flavescens* WIKL.)

Ch. Matthes & B. Honermeier*

Einleitung

Die Artischocke (*Cynara cardunculus* L. subsp. *flavescens* WIKL) wird in den mediterranen Ländern vor allem als Gemüsepflanze genutzt. In Deutschland steht dagegen die Herstellung von Phytopharmaka im Vordergrund des Interesses. Verarbeitet werden vor allem die Rosettenblätter (Blattdrogen), in denen verschiedene Wirkstoffe wie Caffeoylchinasäuren (CCS), Flavonoide und Sesquiterpenlactone (Bitterstoffe) enthalten sind. Artischockenpräparate bewirken eine Linderung dyspeptischer Beschwerden und besitzen choleretische, cholesterinsenkende und hepatoprotektive Effekte (BRAND 1999). Das Ziel der durchgeführten Versuche bestand darin, unter Feldbedingungen den Einfluss der Wachstumsdauer bzw. des Erntetermins auf den Blattertrag und die Drogenqualität der Artischocke zu ermitteln.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Jahr 2001 an den Standorten Gießen (Gi) und Rauischholzhausen (Rh) mit der Sorte ´Green Globe´ durchgeführt. Die Anlage der Feldversuche (einfakt. Blockanlage, r = 3, Parzellengröße: 21 m^2) erfolgte an beiden Standorten Anfang Mai, bei einer Bestandesdichte von 4 Pfl./m^2 (Gi) bzw. 2 Pfl./m^2 (Rh). Nach der Aussaat sowie nach jeder Ernte (2 Schnitte pro Versuch) erfolgte eine N-Düngung mit je 40 kg N/ha. Realisiert wurden jeweils 5 Erntezeiten in Abständen von etwa 2 Wochen. Die Wirkstoffanalysen der bei 40°C getrockneten und gemahlenen Proben erfolgte mit Hilfe der HPLC-Methode nach BRAND (1999) im Labor der Lichtwer Pharma AG.

Ergebnisse und Diskussion

Hinsichtlich des **Blattdrogenertrags** konnte festgestellt werden, dass mit zunehmender Vegetationsdauer der Pflanzen ein Ertragszuwachs einhergeht (vgl. Abb. 1). Das Ertragsmaximum wurde am Standort GI nach 175 Vegetationstagen (Variante IV), am Standort RH nach 165 Vegetationstagen (Variante III) erreicht. Eine Vegetationszeit, die über dieses Maximum hinausging, führte an beiden Standorten zu signifikanten Ertragseinbußen. Das Schossverhalten der zu erntenden Pflanzen zeigte ebenso deutliche Effekte, die in Beziehung zu deren Alter bzw. zum Erntetermin standen. So konnte an beiden Standorten für die erste Schnittserie eine Zunahme des Schosseranteils bei längeren Vegetationsperioden festgestellt werden, während sich für die zweite Schnittserie ein gegenläufiger Trend zeigte.

Des weiteren zeigte sich, dass mit zunehmender Wachstumsdauer das Eintrocknungsverhältnis der geernteten Blätter abnahm, was besonders am Standort Gi mit 1,4:10 (1. Schnitt) im Vergleich zu 0,7:10 (2. Schnitt) zu beobachten war.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstrasse 23, 35390 Gießen

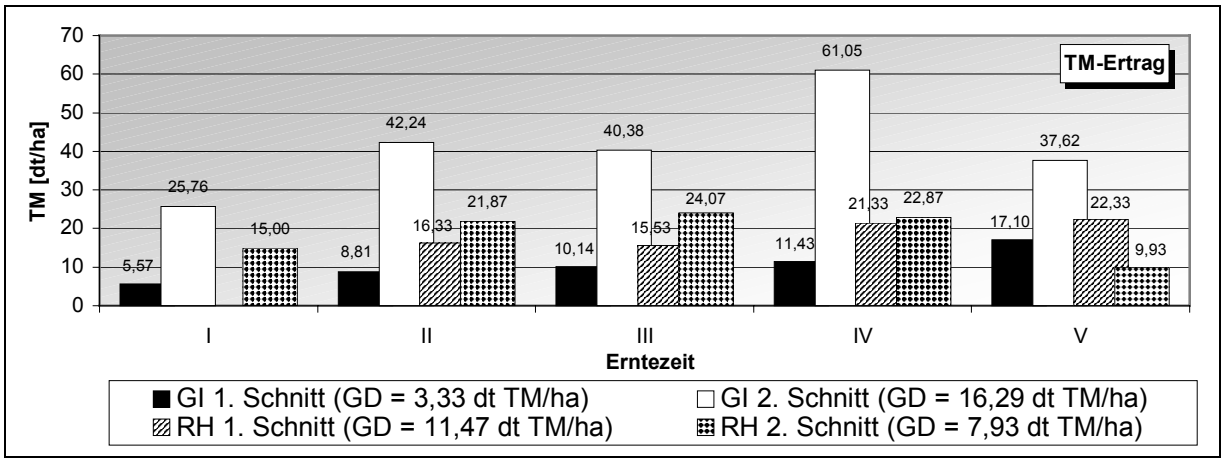


Abb. 1: Blattdrogenerträge (1. und 2. Schnitt) der Artischocke an den Standorten GI und Rh in Abhängigkeit des Erntetermins.

In Bezug auf die **Inhaltsstoffgehalte** bewirkten längere Vegetationszeiten kontinuierliche Abnahmen der Gesamt-CCS-Gehalte sowie der Gesamt-Flavonoidgehalte (signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind in Tab. 1 gekennzeichnet). Eine Ausnahme bildete hier der 1. Schnitt am Standort Rh, bei dem eine Zunahme des CCS-Gehaltes von 1,49% in Variante I bis zu 2,50% in Variante V mit späteren Ernteterminen zu verzeichnen war (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Inhaltsstoffgehalte (in % der TM) der Blattdroge an den Standorten Gi und Rh in Abhängigkeit vom Erntetermin

Standort	Ernte	Gesamt-CCS [%]						Gesamt-Flavonoide [%]					
		Variante					GD (5%)	Variante					GD (5%)
		I	II	III	IV	V		I	II	III	IV	V	
GI	1	1,89	1,46	---	1,31	1,23	0,406	0,44	0,32	---	0,27	0,26	0,053 *
	2	1,30	0,98	0,46	0,14	---	0,255 *	0,23	0,21	0,17	0,04	---	0,030 *
RH	1	1,49	1,52	2,00	2,52	2,50	0,755	0,33	0,30	0,34	0,29	0,28	0,124
	2	1,71	0,97	0,76	0,37	0,25	0,452 *	0,32	0,26	0,25	0,13	0,07	0,062 *

(* = es liegen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten vor.)

Anhand der vorliegenden Ergebnisse ist festzustellen, dass die von BRAND (1997) geforderte Qualität von mindestens 1,0% Gesamt-CCS sowie 0,3-0,6% Gesamt-Flavonoiden an beiden Standorten nur von der jeweils ersten Schnittserie realisiert werden konnte. Daraus lässt sich in Hinblick auf die realisierten Drogenerträge für die gegebenen Standortbedingungen eine optimale Vegetationsdauer von ca. 130 Tagen bis zur ersten Ernte ableiten. Neben der Wachstumsdauer sind jedoch auch andere Einflussfaktoren bezüglich der Drogenqualität zu berücksichtigen (Witterungsverlauf, Wasser- und Nährstoffversorgung, Standraumverteilung der Pflanzen, Sortenwahl), die es zukünftig zu untersuchen gilt.

Literatur

Brand, N. (1997): Der Extrakt in Artischockenpräparaten. In: DAZ Nr. 41, 137. Jahrgang, 60-76.

Brand, N. (1999): Die Artischocke – eine Dekade interdisziplinärer Forschung. In: Zeitung für Phytotherapie 20, 292-302.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 338–339 (2003)

Untersuchungen zur mikrobiellen Dekontamination der Samen von Borretsch (*Borago officinalis* L.)

G. Weinbrenner & B. Honermeier *

Einleitung

Die Samen der Borretschpflanze (*Borago officinalis* L.) zeichnen sich durch einen Ölgehalt von 25-35 % und einen γ-Linolensäuregehalt (C 18:3 Omega 6) von 18-22 % aus. Auf Grund dieses hohen Anteils an γ-Linolensäure werden dem Borretschöl u. a. entzündungshemmende Effekte bei der Behandlung der Neurodermitis zugeschrieben, was die Nutzung dieser Pflanze in der Phytotherapie ermöglicht. Für eine effiziente Erzeugung von Borretsch sind pflanzenzüchterische und pflanzenbauliche Arbeiten zur Verbesserung der Pflanzeneigenschaften und zur erfolgreichen Inkulturnahme dieser Samendrogenpflanze erforderlich. Ein großes Problem stellt dabei u. a. die Kontamination der Samen mit Mikroorganismen dar, die zum Verlust der Keimfähigkeit führen können, was die Etablierung von Gewebekulturverfahren mit Borago erschwert. Das Ziel der durchgeführten Versuche bestand daher darin, Präparate und Methoden zu prüfen, mit denen eine Dekontamination der Borretschsamen und nachfolgender Subkulturen möglich ist.

Material und Methode

Berichtet wird über insgesamt 3 Versuche, die unter Laborbedingungen durchgeführt wurden. Im Versuch 1 wurde die Wirkung des Sterilisationsmediums H_2O_2 (5%, 10%, 15%, 10minütiges Eintauchen der Samen) auf Keimfähigkeit (KF) und Dekontamination der Samen im Vergleich zur Kontrolle geprüft. Im Versuch 2 erfolgte eine Analyse von Fungiziden (Unix = Cyprodinil und Previcur = Propamocarb) sowie von Sterilisationsmedien (NaOCl, Ethanol) in ihrer Wirksamkeit auf Borretschsamen. Im Versuch 3 wurden weitere antimikrobiell wirksame Präparate (NaOCl, Belades, PPM) in unterschiedlichen Kombinationen zueinander und bei unterschiedlicher Formulierung geprüft (10 Prüfglieder, 4 Whlg.). Die Samen der NaOCl-Variante wurden 1 min. mit 70 %igem Ethanol und 10 min. in NaOCl-Lösung (1:2), dem Tween 80 (Detergenz) zugegeben wurde, behandelt und anschließend gewaschen. Die Behandlung mit PPM (plant preservativ mixture: 0,135% 5-Chloro-2-methyl-3(2H)isothiazolon +0,00412% 2-methyl-3(2H)–isothiazolon) erfolgte in einer Konzentration von 1,5% über 12 h. Bei der Kombinationsbehandlung schloß sich die 10minütige NaOCl-Behandlung an. Belades wurde in 3 verschiedenen Konzentrationen und zwar im Verhältnis 1: 500 und in einer 25%igen Lösung bei pH-Werten von 4,2 und 5,7 über 12 h angewendet (LE MAÎTRE, 2002). Die desinfizierten Samen wurden in Sand gelegt. Die anschließende Kultivierung erfolgte bei 23°C bei einem Belichtungsintervall von 16:8 h. Zur Prüfung der Nachhaltigkeit der Samenbehandlung wurde eine 1. Subkultur mit Hypocotylen angesetzt. Das verwendete B5-Medium mit einen pH-Wert von 5,7 und 4g/l Gelrite versetzt, wurde autoklaviert und anschließend in der Clean bench in Weckgläser gegossen. Nach dem Erkalten des Mediums wurden die Hypocotyle dem Sterilisierungsversuch entnommen und ohne eine weitere Behandlung geschnitten und auf das Festmedium überführt.

* Dipl. Ing. agr. Gerhard Weinbrenner & Prof. B. Honermeier, Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Universität Gießen, Ludwigstraße 23 35390 Gießen

Ergebnisse und Diskussion

Im Versuch 1 führte die Behandlung der Borretschsamen mit H_2O_2 in der Tendenz zu einer Reduktion der KF (%). Gleichzeitig konnten zunehmende fungizide Effekte mit zunehmender Konzentration an H_2O_2 beobachtet werden. Bei Applikation einer 15%igen H_2O_2-Lösung lag die Samen-KF bei 81 %, während sich der Besatz mit pilzlichen Pathogenen im Vergleich zur Kontrolle um 70 % reduzierte. Im Versuch 2 hatte die alleinige Applikation von NaOCl, Previcur und Unix keine wesentliche Beeinträchtigung der KF zur Folge. Die Behandlung mit Ethanol (1 min.) sowie die Kombinationen NaOCl + Ethanol und Unix + NaOCl + Ethanol bewirkten dagegen eine sehr starke Verminderung der KF der Borretschsamen. Die Pilzinfektion der Samen wurde am wirksamsten durch die Dreifachkombination Unix + NaOCl + Ethanol kontrolliert (Reduktion um 80%). Auf Grund der gleichzeitig stark verminderten KF ist diese Applikationsmethode jedoch kaum empfehlenswert.

Tab. 1: Einfluss verschiedener Präparate auf die Keimfähigkeit (KF) der Samen und auf den Kontaminationsgrad der 1. Subkultur von Borretsch (Versuch 3)

Prüfglieder		KF (%)	Tukey-Test	Kontaminationsgrad der 1. Subkultur %
1	Kontrolle	93	-	100
2	NaOCl	15	0,000	50
3	NaOCl+PPM	10	0,000	90
4	PPM	90	1,000	90
5	NaOCl+Belades 1:500	13	0,000	75
6	Belades 1:500	90	1,000	50
7	NaOCl + Belades 25% pH 4,2	3	0,000	75
8	Belades 25 % pH 4,2	90	1,000	50
9	NaOCl + Belades 25 % pH 5,7	13	0,000	60
10	Belades 25 %, pH 5,7	78	-	45

Die Ergebnisse des Versuches 3 sind in der vorstehenden Tab. 1 dargestellt. Die Befunde verdeutlichen wiederum eine starke Verminderung der KF durch NaOCl. Die Präparate PPM und Belades wurden von den Borretschsamen dagegen gut toleriert. Die geringen KF-Werte der Wirkstoffkombinationen werden in erster Linie auf die phytotoxische Wirkung von NaOCl zurückgeführt. In der anschließenden Subkultur mit Hypokotylen, die aus den Borretschkeimpflanzen gewonnen wurden, traten in der Kontrolle sowie in den PPM-Varianten hohe Kontaminationsgrade von 100 bzw. 90% auf. Deutlich reduziert war die mikrobielle Belastung der Subkulturen vor allem nach alleiniger Behandlung mit Belades.

Die vorliegenden Befunde belegen, dass während der Gewebekultur von Borretsch ein starker Transfer samenbürtiger Mikroorganismen auf die Subkultur besteht. Eine befriedigende Dekontamination der Subkultur bei gleichzeitig hoher Keimfähigkeit der Samen ist mit keiner der erprobten Präparate und Methoden möglich. Das durch spezielle elektrochemische Aktivierung hergestellte Mittel Belades (LE MAÎTRE, 2002) kommt der Forderung nach Erhaltung der Keimfähigkeit der Samen und Minderung der Kontamination nachfolgender Subkulturen am nächsten.

Literatur

Le Maître, 2002: Produktinformation zu Belades. Fa. Le Maître GmbH 68549 Ilvesheim
Neumann, K.H., 1995: Pflanzliche Zell- und Gewebekulturen, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 340–341 (2003)

Einsatz von Mikroorganismen zur Verbesserung der Nährstoffversorgung von Pflanzen in den gemäßigten Breiten und in den feuchten Tropen

Bettina Eichler*, Roldán Torres Gutiérrez**, Detloff Köppen*

Einleitung

Mikroorganismen wie Pilze und Bakterien können den Aufschluss von Nährstoffen im Boden verbessern, wobei ihr praktischer Einsatz in den gemäßigten Breiten häufig mit inakzeptablen hohen Kosten verbunden und ihr Einsatz unsicher ist.

Andere Ergebnisse wurden in den Tropen und Subtropen erzielt, wo der Nutzung biologischer Präparate deutlich wirkungsvoller ist.

Neue biotechnologische Methoden könnten breitere Möglichkeiten für einen Einsatz von Mikroorganismen in der Landwirtschaft schaffen, was weitere Untersuchungen zu ihrer Wirkungsweise notwendig macht.

Material und Methoden

In Rostock wurde die Wirkung des Pilzes *Penicillium bilaii* im Vergleich zur unbehandelten Variante auf den Ertrag und die Wurzelmorphologie von 10 verschiedenen Fruchtarten bei Phosphormangel untersucht. Dafür wurde ein Versuch mit Mitscherlich-Gefäßen angelegt, in die 6 kg eines P-armen sandigen Lehmbodens (P_{DL} = 4,4 mg P 100 g $^{-1}$Bo.) gefüllt wurden. Der Pilz wurde in Form einer Suspension vor der Aussaat der Fruchtarten zu dem Boden gegeben, ebenso wie eine Nährlösung, die jedoch kein Phosphor enthielt. Die Pflanzen wurden bis zur Ernte (70 Tage nach der Aussaat) je nach Bedarf mit destilliertem Wasser gegossen. Untersucht wurden Spross- und Wurzelparameter sowie Nährstoffgehalte im Boden.

An dem Institut in Santa Clara wurde ein Versuch mit Bakterien (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum)* durchgeführt. Dafür wurden Bohne (*Phaseolus vulgaris* L.) unter Laborbedingungen in Petrischalen herangezogen und die Keimfähigkeit sowie Wurzelmerkmale der Keimpflanzen überprüft. 72 h vor Aussaat des desinfizierten Saatgutes wurde der Agar-Nährboden in den Schalen mit den Bakterien beimpft und bei 30°C inkubiert.

Für die Varianzanalyse und den Mittelwertvergleich wurde das Statistikprogramm SPSS genutzt.

Ergebnisse und Diskussion

Signifikante Ertragserhöhungen durch den Einsatz von *P. bilaii* traten nur bei Serradella und Amarant auf, wobei die Ertragsdifferenz bei Amarant außerordentlich hoch war (Tab.1). Im Durchschnitt verringerte sich das Wurzel/Spross-Verhältnis der geprüften Fruchtarten bei Pilzzugabe. Da die Erträge trotzdem nicht sanken, hatten anscheinend die Hyphen des Pilzes, die sich an den Wurzeln ansiedeln, ebenfalls einen Anteil an der Versorgung des Sprosses.

Infolge der Zufuhr der Bakterien kam es zu einer Verringerung der Keimwurzellänge, aber zu einer Erhöhung der Anzahl der Seitenwurzeln und Wurzelhaare (Tab.2.).

* Universität Rostock, Inst. f. umweltgerechten Pflanzenbau, J. v. Liebig-Weg 6, 18059 Rostock, bettina.eichler@auf.uni-rostock.de;

** Universidad Central de Las Villas, Centro de Investigaciones Agropecuarias Carretera Camajuaní, 54830 Santa Clara (Cuba), roldantg@agronet.uclv.edu.cu

Diese Veränderungen in der Wurzelmorphologie werden auf die vermehrte Synthese von Phytohormonen wie z.B. Gibberelin und Cytokin zurückgeführt (RODELAS 2001). Besonders der kombinierte Einsatz der Biopräparate förderte die Bildung der Seitenwurzeln. Außerdem erhöhte sich bei der Zufuhr der Präparate die Keimfähigkeit der Samen (95 -100 %) im Vergleich zur Kontrolle (90 %).

Tab. 1: Erträge der Fruchtarten und Wurzellängen/Spross-Verhältnisse bei einer Behandlung des Bodens mit dem Pilz *Penicillium bilaii* und ohne diese Behandlung im Gefäßversuch nach 70 Tagen Wachstumszeit

	Spross-Gewicht (g TMGefäß$^{-1}$)		Wurzel/Spross-Verhältnis (m mg TM^{-1})	
FA	ohne *P.bilaii*	mit *P.bilaii*	ohne *P.bilaii*	mit *P.bilaii*
Sommerraps	21,8 e	19,9 d	4,9 a	2,7 a*
Mais	41,9 g	41,7 g	13,8 c	10,6 d
Phacelia	9,4 c	8,4 ab	9,3 b	5,9 bc*
Buchweizen	26,9 f	27,1 f	10,2 b	6,1 c*
Einj. Weidelgras	14,2 d	12,9 c	14,4 b	7,2 c*
Gelbe Lupine	5,4 a	5,8 a	9,3 b	4,2 ab*
Futtererbse	12,8 d	9,5 b *	5,1 a	5,6 bc
Serradella	7,1 b	12,5 c *	9,7 b	6,2 bc
Amarant	5,6 ab	22,8 e *	7,6 ab	6,2 bc

unterschiedliche Buchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Fruchtarten
mit * markierte Werte sind statistisch gesichert verschieden von denen ohne *P. bilaii*

Tab. 2: Wurzellänge und Anzahl der Seitenwurzeln bei Bohnenkeimlingen (*Phaseolus vulgaris* L.) 7 Tage nach dem Auslegen

Behandlung	Größe der Hauptwurzel cm	Anzahl der Seitenwurzel
Azotobacter	2,66 bc	7,55 a
Azospirillum	2,36 ab	10,05 b
Rhizobium+ Azotobacter	1,83 a	8,90 ab
Rhizobium+ Azospirillum	1,86 a	10,50 b
Kontrolle (unbehandelt)	3,17 c	7,10 a

unterschiedliche Buchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen

Literatur

Rodelas, Ma Belen. 2001. Interacción Rhizobium-Azospirillum y Rhizobium-Azotobacter. Efecto sobre la nodulación y la fijación simbiotica del nitrógeno en *Vicia faba*.
http://193.146..205.198/sefin/ecologia/Rodelas.html,
http://193.146..205.198/sefin/ecologia/Rodelas2.html

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 342–343 (2003)

Optimierung der Anbauplanung für Ackerbohne im mediterranen Raum mittels eines Simulationsmodelles

J. Grenz, A.M. Manschadi und J. Sauerborn *

Einleitung

Die Ackerbohne (*Vicia faba*) ist ein wichtiges Element mediterraner Fruchtfolgen; sowohl für die menschliche als auch für die tierische Ernährung kommt ihr regional große Bedeutung zu. Der profitable Anbau dieser Leguminose wird jedoch erheblich eingeschränkt durch den Befall mit dem parasitischen Unkraut *Orobanche crenata*.

Zahlreiche Kontrollmethoden wurden erprobt, doch konnte bisher keine effektive und praktikable Methode etabliert werden. Aufgrund der Komplexität der Wirt-Parasit-Beziehung scheint lediglich ein integrierter Kontrollansatz erfolgversprechend, der verschiedene Maßnahmen, z.B. optimaler Saattermin, Sortenwahl und Herbizidapplikation, kombiniert. Angesichts der Zahl möglicher Maßnahmenkombinationen und der Vielfalt der standörtlichen Anbaubedingungen wäre eine experimentelle Evaluation von Kontrollstrategien arbeits- und zeitaufwendig. Simulationsmodelle, die mit geringerem Aufwand einen Vergleich verschiedener Alternativen ermöglichen, können ein nützliches Hilfsmittel bei der Entwicklung von Strategien zur nachhaltigen Kontrolle von Parasiten sein.

In dieser Arbeit wurde ein Simulationsmodell eingesetzt, um den optimalen Saattermin für Ackerbohne in Abhängigkeit von *O. crenata*-Samenbank und Standort zu bestimmen. Verzögerte Aussaat ist eine traditionelle Maßnahme lokaler Anbauer zur Verringerung des Parasitenbefalls. Da die Verkürzung der Wachstumsphase gleichzeitig zu verminderten Erträgen führt, ergibt sich ein sorten- und standortspezifisches Ertragsmaximum.

Material und Methoden

Das Simulationsmodell VIFOR (VIcia Faba – ORobanche crenata) simuliert auf Basis von Wetter-, Boden- und Sortendaten das tägliche Wachstum und die phänologische Entwicklung von Ackerbohne und *O. crenata*. Das Modell wurde mit den Daten extensiver Feldversuche in Syrien kalibriert (Manschadi et al., 2001).

Datensätze zur Modellevaluation und Weiterentwicklung wurden in den Anbauperioden 2000-01 und 2001-02 in der Südtürkei gesammelt. Zur Durchführung der Simulationsläufe wurde VIFOR für die großsamige Ackerbohnensorte ILB 1814 sowie die Bodenverhältnisse eines Standortes bei Adana (Türkei) parametrisiert. Als Input wurden tägliche historische Wetterdaten desselben Standortes, ergänzt um generierte Globalstrahlungs- und Bodentemperaturdaten, verwendet. Versuchsfaktoren waren die Befallsdichte von *O. crenata*, mit den Stufen 0, 50 und 200 keimfähige Samen pro kg Boden, sowie der Saattermin. Es wurden 6 Saattermine von Oktober bis Januar vorgegeben, die jeweils auf den 8. und 22. des Monats gelegt wurden, um repräsentative Daten für je 2 Wochen umfassende Zeitfenster zu erhalten.

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenproduktion und Agrarökologie in den Tropen und Subtropen (380), 70593 Stuttgart

Ergebnisse und Diskussion

Die Niederschlagssummen in den Evaluationsversuchen variierten von 213 bis 810 mm; die Erträge der Kontrollparzellen reichten von 2,8 bis 8,0 t Ackerbohnensamen pro ha, während der Ertrag in stark befallenen Parzellen bis unter 0,1 t pro ha sank. Es zeigte sich, daß VIFOR in der Lage war, die gesamte Bandbreite der gemessenen Erträge zuverlässig zu simulieren: die berechneten Samenerträge entsprachen den gemessenen mit einem Bestimmtheitsmaß (R^2) von 90,2%.

Die im Simulationsversuch errechneten Samenerträge befallsfreier Ackerbohnenbestände lagen zwischen 1,5 und 8,5 t pro ha, wobei sich über 60% der Ertragsschwankung durch die interannuelle Variabilität der Regenmenge erklären ließen. Der 29-jährige Ertragsdurchschnitt (Median) war mit 6,1 t pro ha maximal für den frühesten Saattermin und nahm mit verzögerter Aussaat stetig ab. Dies läßt sich durch die Verkürzung der Wachstumsperiode bei Verspätung der Aussaat erklären; der Wert von rund 6 t entspricht den höchsten in Feldversuchen erreichten Erträgen. Eine *O. crenata*-Befallsdichte von 50 Samen pro kg Boden führte zu Ertragsverlusten von 20% bei Aussaat im Januar bis 85% bei einem Saattermin im Oktober. Eine Samenbank von 200 Samen pro kg Boden verminderte die Samenerträge der Ackerbohne um 50% in der Januar- und um fast 100% in der Oktobersaat. Die simulierten Ertragsverluste stimmen weitgehend mit den Ergebnissen von Linke et al. (1991) und Bernhard et al. (1998) überein, die für *O. crenata*-Samenbanken von 100 bis 200 Samen pro kg Boden Ertragsverluste von 50 bis 100% in Erbse und Ackerbohne berichten.

Die Ergebnisse der Modellevaluation und des Simulationsversuches zeigen, daß VIFOR Wachstum und Entwicklung von Wirt und Parasit in verschiedenen Situationen realistisch simuliert und deuten darauf hin, daß das Modell zur Vorhersage der durch *O. crenata* verursachten Ertragsverluste eingesetzt werden kann. Für die bei der Parametrisierung vorausgesetzte Situation wäre in befallsfreien Feldern eine möglichst frühe Aussaat, und in befallenen Feldern eine Verschiebung des Saattermins in den Dezember bei leichtem und in den Januar bei starkem Parasitenbefall zu empfehlen.

Literatur

Bernhard, R.H., J.E. Jensen and C. Andreasen (1998): Prediction of yield loss caused by Orobanche sp. in carrot and pea crops based on the soil seedbank. Weed Res. 38, 191-197.

Linke, K.-H., J. Sauerborn and M.C. Saxena (1991): Host-parasite relationships: Effect of Orobanche crenata seedbanks on development of the parasite and yield of faba bean. Angew. Botanik 65, 229-238.

Manschadi A.M., Sauerborn, J. and Stützel, H. (2001): Quantitative aspects of Orobanche crenata infestation in faba beans (Vicia faba) as affected by abiotic factors and parasite soil seedbank. Weed Res. 41, 311-324.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 344–345 (2003)

Einfluss der Produktionsumwelt auf ausgewählte Saatgutparameter und den Feldaufgang bei Weizen im Biologischen Landbau

Ichinkhorloo Dashbaljir*, P. Liebhard*, Franziska Löschenberger#, W. Hartl+ und H.-P. Kaul*

Einleitung

Bei allen Produktionssystemen ist eine hohe Saatgutqualität die Grundlage für eine erfolgreiche Getreideproduktion. In extensiven Produktionsgebieten und im Biologischen Landbau ist eine hohe Saatgutqualität noch bedeutender als bei intensiven Produktionsverfahren, da entweder meist keine Behandlungsmittel zur Verfügung stehen oder ein Großteil der einsetzbaren Wirkstoffe in der Anwendung verboten ist. Auch die Standortbedingungen beeinflussen im hohen Ausmaß den Saatgutwert.

Material und Methoden

Im Rahmen eines Teilprojektes (Züchtung von Getreidesorten für den Biologischen Anbau) wurden im Anbaujahr 2001/02 auf zwei klimatisch unterschiedlichen Standorten 35 ausgewählte Weizensorten bzw. -linien auf den Sortenwert unter Biologischen Anbaubedingungen beurteilt. Der Standort Reichersberg/Inn (70 km westlich von Linz) liegt im semihumiden Klimagebiet (8,5 °C mittlere Jahrestemperatur, 831 mm Jahresniederschlag überwiegend in der Hauptvegetationszeit, Braunerde mit diluvialem Ausgangsmaterial und mittelschwer). Groß-Enzersdorf (20 km östlich von Wien) befindet sich im semiariden, pannonischen Produktionsgebiet (9,4 °C mittlere Jahrestemperatur, 520 mm Jahresniederschlag, sommertrocken, mitteltiefgründiger Tschernosem mit hoher Wasserspeicherfähigkeit in der durchwurzelbaren Krume).

Sowohl die Keimfähigkeitsprüfung als auch die Gesundheitsuntersuchung des Erntegutes erfolgten nach Standardmethoden (ISTA 1981, HUTCHINS and REEVES 1997). Durchgeführt wurden sie im Labor des Institutes für Saatgut, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit. Die Beurteilung des Feldaufganges 2003 erfolgte durch Auszählen von 0,25 m^2 vierfach je Parzelle.

Ergebnisse und Diskussion

Wie erwartet, waren bei der **Keimfähigkeitsprüfung** unter Zimmertemperatur (20 °C) die Werte vom Standort Groß-Enzersdorf (semiarid) besser als vom semihumiden Vergleichsstandort Reichersberg/Inn (Tab. 1). Noch wesentlich deutlicher unterschieden sich die Ergebnisse nach dem Prüfverfahren unter erschwerten Bedingungen (10 °C). Am Standort Groß-Enzersdorf kam es auch bei diesem Testverfahren nur bei vier Prüfgliedern zu einem stärkeren Abfall auf bis zu 68 %. Am semihumiden Standort wurde dem gegenüber bei allen Sorten bzw. Linien eine deutliche Verminderung der Keimfähigkeit beobachtet, bei einigen Proben sogar bis unter 50 %.

Die **Saatgutgesundheitsprüfung** für ausgewählte samenbürtige Krankheiten ergab am Standort Groß-Enzersdorf bei *Fusarium nivale* keinen bzw. nur bei wenigen Genotypen einen Befall bis zu 25 % (Tab. 1). Auch bei *Septorium nodorum* lagen die ermittelten Werte hier ähnlich niedrig. Sehr hoch waren die Befallswerte bei *Fusari-*

* Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
# Saatzucht Donau GesmbH & Co KG, Zuchtstation Probstdorf
+ Ludwig Boltzmann Institut für Biologischen Landbau und Angewandte Ökologie, Wien

um nivale am semihumiden Standort mit bis zu 50 %. Der *Septoria*-Befallsgrad hingegen war bei allen Prüfgliedern auch unter den semihumiden Abreifebedingungen relativ niedrig.

Tab. 1: Keimfähigkeit in % bei 10 °C und 20 °C sowie *Fusarium nivale* und *Septoria nodorum* Befall in % des Erntegutes bei Winterweizen (35 Sorten bzw. Linien) von einem semiariden (Groß-Enzersdorf) und einem semihumiden (Reichersberg/Inn) Standort, Ernte 2002

	semiarid		semihumid	
Merkmal	Mittelwert	Spannweite	Mittelwert	Spannweite
Keimfähigkeit 10 °C (%)	93	68 – 98	67	49 – 84
Keimfähigkeit 20 °C (%)	96	93 – 99	91	72 – 97
F. nivale Befall (%)	3	0 – 25	30	11 – 50
S. nodorum Befall (%)	3	0 – 21	9	2 – 19

Der **Feldaufgang** 2003 wurde nur am Standort Groß-Enzersdorf erhoben. Die Witterungsbedingungen waren sowohl im Herbst (extrem hohe Bodenfeuchte und niedrige Temperaturen) als auch im Spätwinter (überdurchschnittlich viele Eis- und Frosttage) außergewöhnlich ungünstig. Der Feldaufgang lag im Mittel nur bei 78 %. Zwischen den Genotypen gab es große Unterschiede von 54 bis 94 % (Abb. 1). Die Zahl der Jungpflanzen (Stadium EC 22) korrelierte recht gut mit den Werten der Keimfähigkeitsprüfung unter erschwerten Bedingungen bei 10 °C (Ergebnisse nicht angeführt).

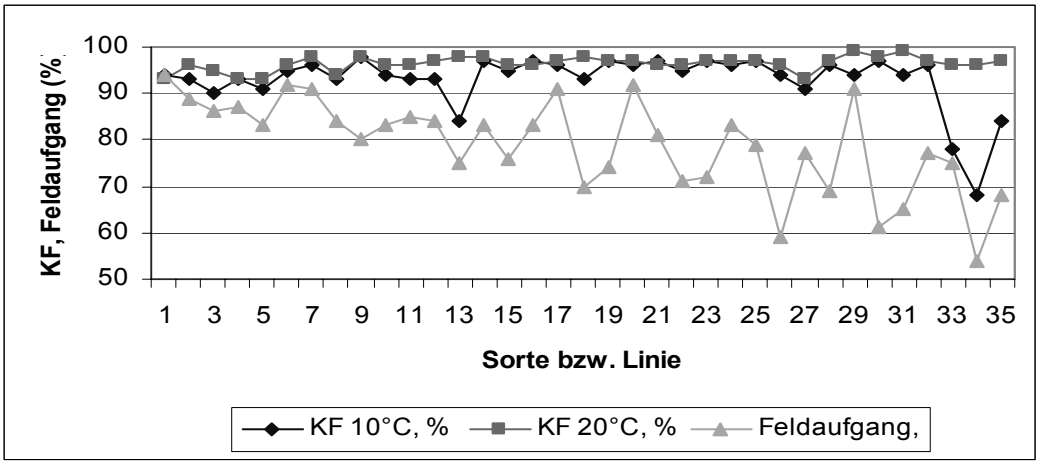


Abb. 1: Keimfähigkeit (KF) in % bei 10 °C und 20 °C sowie Feldaufgang 2003 in % bei Winterweizen (35 Sorten bzw. Linien), Standort Groß-Enzersdorf

Literatur

ISTA, 1981: Handbook on seed health testing. International Seed Testing Association, Sect. 2 Working sheets, Zürich.

HUTCHINS, J.D. and J.C. REEVES,1997: Seed health testing + progress towards the 21st century. Biddles Ltd., Guilford and Kings, Lynn.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 346–347 (2003)

Ausbildung sekundärer Dormanz bei Rapssamen in Abhängigkeit von der Samengröße und der Position an der Mutterpflanze

S. Dongus, S. Gruber, W. Claupein*

Einleitung

Rapssamen sind in der Lage sekundäre Dormanz auszubilden, und können dadurch mehrere Jahre im Boden überdauern. Eine Prüfung der Samen auf das Vermögen, sekundäre Dormanz zu entwickeln, kann im Labor erfolgen. Vorversuche im Sommer 2001 hatten ergeben, dass bei einer getesteten Rapssorte eine sehr unterschiedlich ausgeprägte sekundäre Dormanz in Abhängigkeit von der Samengröße vorlag. Aus diesem Kontext wurde die Frage abgeleitet, ob die unterschiedliche Ausbildung der sekundären Dormanz innerhalb einer Sorte in Abhängigkeit von der Samengröße auch bei anderen Rapssorten zu finden ist. Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob die Insertion der Schote (Hauptspross oder Nebenspross 1. Ordnung) und die Position des Nebensprosses 1. Ordnung einen Einfluss auf die Samengröße und somit auf die Ausbildung sekundärer Dormanz haben. DIEPENBROCK und GEISLER (1985) weisen bereits auf eine insertionsabhängige Leistung der Rapspflanze hin.

Material und Methoden

In allen Laborversuchen wurde die sekundäre Dormanz über einen Zeitraum von zwei Wochen durch Wasserstressbedingungen induziert. Dafür wurden je 100 äußerlich intakte Samen (4 Wiederholungen) in Petrischalen, die mit Filterpapier ausgelegt und mit 8 ml Polyethylenglykol-Lösung versetzt waren, eingequollen. An die Induktionsphase schloss sich ein Keimtest an. In beiden Phasen wurden die Samen in Dunkelheit gehalten und einer Temperatur von 20°C ausgesetzt. Danach folgte eine Wechseltemperaturbehandlung mit Licht- und Dunkelphasen (30°C/3°C; Licht/Dunkel; 12h/12h). Alle im Keimtest nicht gekeimten, aber nach einer Wechseltemperaturbehandlung keimbereiten Samen wurden als dormant angesehen. Um die Abhängigkeit der sekundären Dormanzneigung von der Samengröße zu prüfen, wurden die Samen von vier Rapssorten mit Sieben der Maschenweiten 2 mm und 2,25 mm in drei Größenfraktionen aufgeteilt. Anschließend wurde in Laborversuchen die Entwicklung sekundärer Dormanz bei den unterschiedlichen Größenfraktionen getestet. Zur Untersuchung, ob ein Positionseffekt der Samen bei der Ausbildung sekundärer Dormanz vorliegt, wurden als drei charakteristische Positionen an der Rapspflanze der Haupttrieb, der oberste Seitentrieb und der unterste, bodennächste Seitentrieb ausgewählt. Die Samen dieser Positionen wurden bei den Rapssorten Artus, Bristol, Capitol und Liberator an jeweils 20 Pflanzen von Hand geerntet. Anschließend wurde die Neigung zur sekundären Dormanz von Samen der verschiedenen Positionen im Labor bestimmt. Es wurden außerdem die Erträge und die TKM der Samen der jeweiligen Positionen bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die TKM stieg bei allen Sorten mit der Samengröße an. Die Sorten Capitol und Liberator besaßen mit 53% und 36% dormanten Samen die höchste Dormanzausbildung in der Samenfraktion ‚groß' (Abb. 1). Die Samenfraktion ‚klein' dieser Sorten

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), 70593 Stuttgart

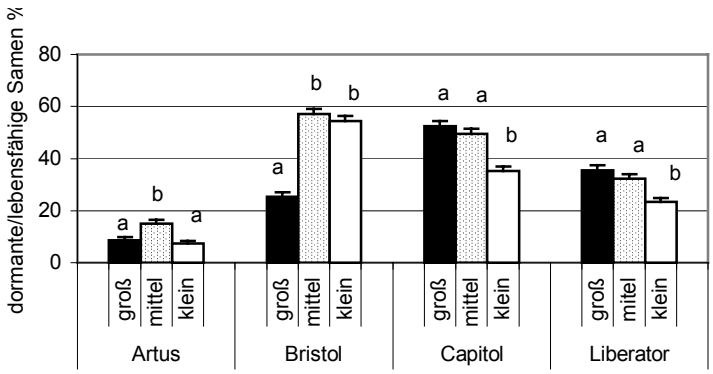


Abb. 1: Prozentualer Anteil dormanter Samen/lebensfähige Samen von vier Rapssorten in den Größenfraktionen > 2mm, 2-2,25 mm und < 2 mm. Fraktionen mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (F-Test, p < 5%). Fehlerbalken: Standardfehler des Mittlerwertes.

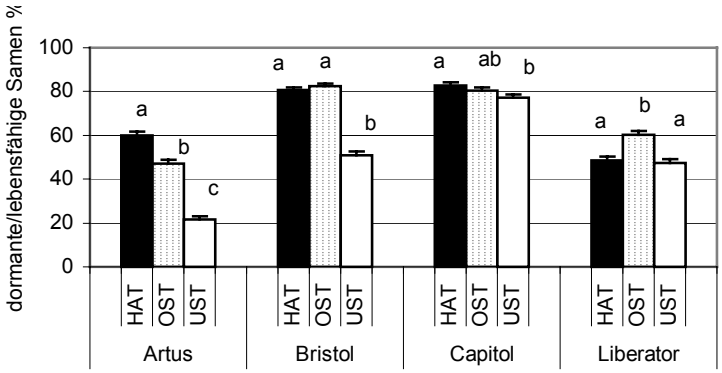


Abb. 2: Prozentualer Anteil dormanter Samen/lebensfähige Samen von vier Rapssorten an unterschiedlichen Positionen. Fraktionen mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (F-Test, p < 5%). Fehlerbalken: Standardfehler des Mittelwertes. HAT = Haupttrieb, OST = oberster Seitentrieb 1. Ordnung, UST = unterster Seitentrieb 1. Ordnung.

bildete mit 35% und 23% dormanten Samen den geringsten Anteil innerhalb der drei Größen-fraktionen. Die Unterschiede zwischen der großen und kleinen Samenfraktion waren signifikant. Auch bei Artus waren die wenigsten dormanten Samen in der Fraktion ‚klein' zu finden, wenn auch statistisch nicht signifikant. Bei allen Sorten wurde am untersten Seiten-trieb die geringste Anzahl an dormanten Samen fest-gestellt (Abb. 2). Es war ein Spektrum zwischen 77% dormante Samen bei Capitol und 20% bei Artus zu erkennen. Die Samen des Haupttriebs besaßen bei Capitol mit 83% und Artus mit 60% die höchste Dormanzneigung innerhalb der drei Positionen, bei Bristol und Liberator waren es die Samen der obersten Seitentriebe mit 81% und 49%. Die Erträge und die TKM der drei Triebpositionen, nahmen bei allen Sorten von oben nach unten an der Pflanze ab, der Anteil dormanter Samen bei Artus und Capitol ebenfalls. Die Samen des untersten Seitentriebs mit dem niedrigsten TKG besaßen bei allen Sorten die niedrigste Dormanz. Eine anteilig höhere Dormanz in großen, schweren Samen gegenüber kleinen könnte „evolutionsbiologisch" sinnvoll sein, da durch eine geringere Menge an Reservestoffen nur ein kurzes Überdauern kleiner Samen möglich ist. Allerdings lässt sich diese Hypothese anhand der über die Siebung fraktionierten Samen nicht bestätigen. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit könnte die größere ‚sink' Stärke des Haupttriebs durch die Apikaldominanz sein und ihre mögliche Auswirkung auf die Bildung und Verteilung von Phytohormonen, die für die Ausbildung der Dormanz mitverantwortlich sind. Da die Überdauerungsfähigkeit von Rapssamen im Boden nicht in allen Saatgutfraktionen gleich ist, ließe sich über eine Kenntnis der Herkunft der Ernteverluste (bestimmte Triebe, Reifezustand der Samen, Samengrößenklassen) möglicherweise technisch oder züchterisch das Problem des Durchwuchsraps steuern.

Literatur

G. Geisler & Diepenbrock, W., 1985. „Die Ertragsstruktur von Raps. II Ertragskomponenten." Kali-Briefe (Büntehof) 17, 605-618.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 348–349 (2003)

Anwendungsorientierte Grundlagenforschung zur Saatgutqualität von Zierpflanzen am Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.

Aloma Ewald, Anna Orlicz-Luthardt, Sandra Reinhardt, Siegfried Zerche*

Einleitung

Saatgutqualität umfasst alle physikalischen, physiologischen, pathologischen und genetischen Attribute des Samens die zur Leistungsfähigkeit einer Pflanze beitragen. Sie äußert sich bei gartenbaulichen Kulturen letztendlich in der für den Jungpflanzenproduzenten verwertbaren Anzahl Jungpflanzen in einem bestimmten Zeitraum. Saatgutqualität ist das Resultat einer Wechselwirkung von genetischen, pflanzenbaulichen und Umweltfaktoren, die während der Befruchtung, Samenbildung und Ernte einwirken sowie der Ernte- und Nacherntetechnologie. Bei zahlreichen generativ vermehrten gärtnerischen Kulturen treten Schwankungen sowohl bei der Saatgutqualität als auch im Saatgutertrag auf. Die Ursachen sind oft nicht hinreichend bekannt. Um wirksame Maßnahmen zur Qualitäts- und auch Ertragssicherung zu ergreifen ist die Kenntnis der relevanten Einflussfaktoren notwendig.

Moderne Aussaattechniken machen zusätzliche Behandlungsschritte nach der Ernte notwendig (Kalibrierung, Pillierung, Inkrustierung, Priming, chemische Beizung). Durch die dabei entstehenden Verfahrenskosten erhöhen sich die Forderungen nach einer möglichst hohen Ausgangsqualität des Saatgutes. Die Qualität wird bereits im Vermehrungsbetrieb entscheidend geprägt. Alle nachfolgenden Maßnahmen können das vorhandene Potential nicht mehr wesentlich erhöhen. Forschungen die den Nacherntebereich betreffen, werden häufig firmenintern vorgenommen oder als Auftragsforschung vergeben. Es besteht deshalb bezüglich der Analyse der Wirkungsweise von Vor-Ernte-Faktoren ein großes Forschungsdefizit.

Die Forschungen am Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) haben folgende Zielstellungen zum Inhalt:

- Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen zur Sicherung und Steigerung der Saatgutqualität bei gleichzeitig hohem Saatgutertrag.
- Ermittlung von Qualitätsmerkmalen und von Faktoren die die Ausprägung von Qualitätsmerkmalen und die Samenbildung beeinflussen
- Ableitung von Empfehlungen und Modellen zur Optimierung von Saatgutqualität und Saatgutertrag

Material und Methoden

Am Standort Erfurt wird anwendungsorientierte Grundlagenforschung an den ökonomisch relevanten Zierpflanzen *Cyclamen persicum* und *Primula vulgaris* vorgenommen. Die Untersuchungen umfassen die Bereiche Blüten- und Befruchtungsbiologie (Narbenrezeptivität, Pollen- und Samenanlagenqualität, Samenbildung und Samenentwicklung (Embryo- und Endospermzustand, Sameninhaltsstoffe, Anzahl Samen) sowie die Erfassung von Qualitätsmerkmalen des Saatgutes (u.a. TKM, Gesundheitszustand, Lebensfähigkeit, Keimfähigkeit, Jungpflanzenqualität). Geprüft werden u.a. Einflussfaktoren wie Genotyp, pflanzenbauliche Maßnahmen und

* Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V., Institutsteil Erfurt, Kühnhäuser Str. 101, 99189 Erfurt, Tel.: 036201 785 0, Fax: 036201 785 250*

Krankheitsbefall. Es werden ausgewählte methodische Ansätze vorgestellt, die als notwendig erachtet werden, die Problematik zu bearbeiten.

Ergebnisse und Diskussion

Blüten- und Befruchtungsbiologie:

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zeigten, dass degenerative Veränderungen des Griffels mit zunehmendem Blütenalter bei *C. persicum* eine der Ursachen für die Abnahme des Saatgutertrages sind.

Die Effizienz der Bestäubung kann bei *C. persicum* durch Applikation verschiedener Öle während der Bestäubung gezielt beeinflusst werden

Genotyp, Blütenalter und die Applikation von Pflanzenschutzmitteln beeinflussen die Pollenqualität- und –quantität bei *P. vulgaris*.

Samenbildung und Samenentwicklung:

Mit Hilfe der Flowcytometrie können Entwicklungsunterschiede zwischen Samen bestimmt werden. Rückschlüsse auf die Saatgutqualität sind möglich.

Qualitätsmerkmale des Saatgutes:

Der Befall mit dem Erreger der Cyclamenwelke (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis)* wird erst im fortgeschrittenen Stadium der Erkrankung qualitätsrelevant bei *C. persicum*. Der Erreger ist offenbar nicht samenübertragbar.

Die Kaliumkonzentration im Samen von *P. vulgaris* ist ein potentieller Reifeindikator. Unreif geerntete Samen mit reduzierter Keimfähigkeit weisen erhöhte Kalliumkonzentration auf.

Zukünftige Arbeiten am IGZ beziehen sich auf:

- Weitere Optimierung der Flowcytometrie und Einbindung digitaler Technik zur Analyse der Samenentwicklung und Saatgutqualität
- Verstärkte Anwendung der Rasterelektronenmikroskopie
- Analyse weiterer Sameninhaltsstoffe (Kohlenhydrate, Mineralstoffe, ABA, Proteine)
- Ermittlung des Einflusses von Genotyp, Jahreszeit, Blütenposition und Ontogenese auf die Saatgutqualität

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 350–351 (2003)

Erste Ergebnisse zur Wirkung stabilisierter Waidextrakte gegen *Fusarium culmorum*

Karin Förster und Wulf Diepenbrock*

Einleitung

Extrakte des Färberwaids (*Isatis tinctoria* L.) hemmen das Wachstum samenbürtiger Pilze in vitro (Pfannmöller u. a. 2001). Ihr Wirkungsgrad hängt vom Entwicklungsstadium der Pflanzen, deren Vorbehandlung und den äußeren Extraktionsbedingungen ab. Um unter unterschiedlichen Umweltbedingungen Extrakte hoher Wirksamkeit zu gewinnen, muss die Löslichkeit der Wirkstoffe bzw. ihre Freisetzung verbessert werden. Harnstoff und seine durch pflanzliche Enzyme freigesetzten Umsetzungsprodukte können u. a. die Löslichkeit von Proteinen erhöhen und Membraneigenschaften ändern. Untersucht wurde der Einfluss eines Harnstoffzusatzes auf den Fermentationsverlauf und die Wirksamkeit von Waidextrakten gegen samenbürtige Pilze am Beispiel von *Fusarium culmorum*.

Material und Methoden

Labor-Fermentation: Waid der Ansaat 2002 wurde im Juli 2002 geerntet, zerkleinert, definiert mit Wasser oder 0,42 molarer Harnstofflösung versetzt und drei Tage bei 33-35 °C fermentiert. Der pH-Wert im Wasseransatz stieg dabei von pH 6 auf pH 7,2 und im Harnstoffansatz von pH 6 auf pH 8,5.

Feldnahe Fermentation: Der Waid wurde im September 2002 geerntet, analog zur Labor-Fermentation mit Wasser oder Harnstofflösung versetzt und 11 Wochen fermentiert. Die Fermentationstemperaturen fielen im Zeitraum von 40 Tagen von 17,4 °C auf 8,9 °C. Der pH-Wert im Wasseransatz (W-Extrakt) lag zwischen pH 5,6 und pH 5,4; im Harnstoffansatz (H-Extrakt) stieg er von pH 7 auf pH 8,8.

Wirkungsprüfung: Zur Überprüfung der antimykotischen Wirkung wurde Waidextrakt-Agar auf der Basis von PDA hergestellt, indem anstelle von Wasser drei Konzentrationen (100 %, 50 %, 10 %) des Waidextraktes verwendet wurden. Die Petrischalen wurden mit in sterilem Wasser suspendierten Makrokonidien von *Fusarium culmorum* beimpft, bei 20 °C im Dunkeln inkubiert und das Pilzwachstum anhand des Myzeldurchmessers gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die in Abbildung 1 zusammengefassten Ergebnisse der Labor-Fermentation belegen, dass der nach Fermentation mit Wasser gewonnene reine Waidextrakt (100 %) das Wachstum von *Fusarium culmorum* gegenüber der Kontrolle deutlich hemmt, nach einer Inkubationszeit von fünf Tagen jedoch vereinzelte Makrokonidien auskeimen und wachsen. Eine Verringerung der Waidextraktkonzentration auf 50 bzw. 10 % führt zu einer deutlichen Abnahme des Hemmeffekts. Im Gegensatz dazu hemmt nach Fermentation mit Harnstoffzusatz gewonnener Waidextrakt auch bei 50 prozentiger Verdünnung das Wachstum des Pilzes völlig. Die Verdünnung auf 10 % kann das Wachstum des Pilzes verzögern, aber nicht vollständig hemmen.

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Acker- und Pflanzenbau, L.-Wucherer-Str. 2, D-06108 Halle (S.), foerster@landw.uni-halle.de

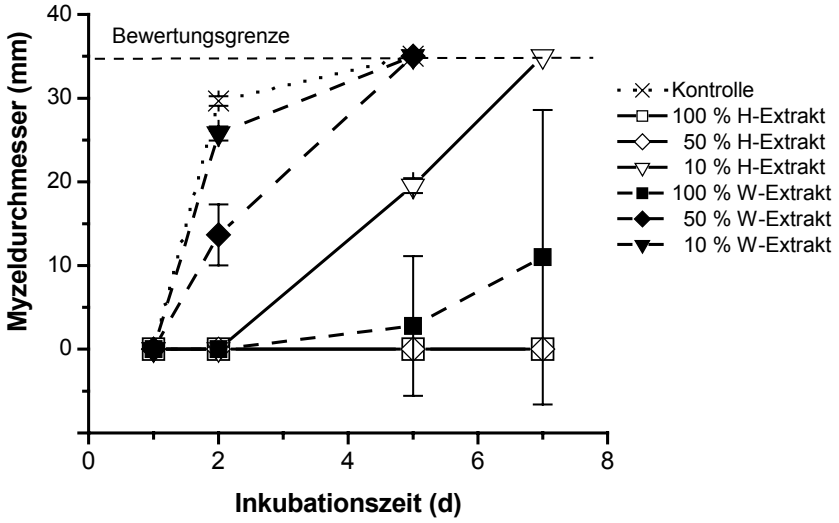


Abb. 1: Labor-Fermentation: Einfluss der Fermentationsbedingungen auf die Wirkung des Waidextraktes gegen *Fusarium culmorum* (n=9)

Unter den Bedingungen der feldnahen Fermentation wurden vergleichbare Ergebnisse gewonnen (siehe Abb. 2). Der Harnstoffzusatz führt zu einer Verkürzung der effektiven Fermentationszeit bei den reinen Waidextrakten (nicht dargestellt) und einer Verbesserung der Wirkung bei den 50 prozentigen Extrakten. Ausgehend von diesen Ergebnissen ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere samenbürtige Pilze zu prüfen.

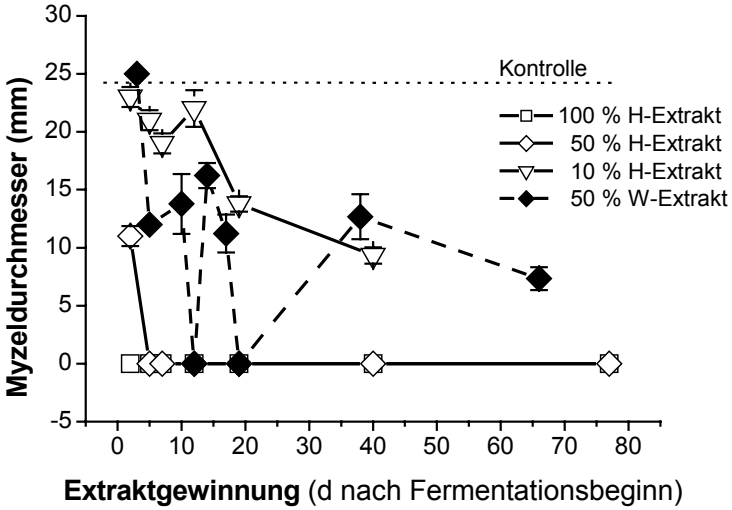


Abb. 2: Feldnahe Fermentation: Einfluss der Fermentationsbedingungen auf die Wirkung des Waidextraktes gegen *Fusarium culmorum* (n=9)

Literatur

Pfannmöller, M., K. Förster, W. Diepenbrock 2001: Mitt. Ges. Pflanzenbauw. 13, 182-183

Die Autoren danken der Firma „Dr. H.-J. Wahl Maschinenverleih“ für die finanzielle Unterstützung.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 352–353 (2003)

Sekundäre Dormanz im aktuellen Rapssortiment

Sabine Gruber, Carola Pekrun & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Ausfallverluste bei der Rapsernte können durch die Fähigkeit der Rapssamen, sekundäre Dormanz auszubilden und über Jahre im Boden zu persistieren, stets wieder zum Aufbau oder zur Ergänzung einer Bodensamenbank führen. Neben Umweltbedingungen, die zur Ausprägung sekundärer Dormanz führen, liegen auch genotypische Unterschiede im Niveau der Dormanz vor (Gruber et al. 2002). Da sekundäre Dormanz auch unter Laborbedingungen induziert werden kann, lässt sich auf diesem Wege eine Vielzahl von Sorten unter kontrollierten Bedingungen prüfen. Mit der vorliegenden Arbeit wurde ein umfangreiches, aktuelles Winterrapssortiment der Erntejahre 2001 und 2002 im Laborversuch auf die Ausbildung sekundärer Dormanz und auf mögliche Sortenunterschiede hinsichtlich dieses Merkmals geprüft. Um die Labormethode unter praxisnahen Feldbedingungen zu validieren, wurden zusätzlich Samenproben desselben Sortiments im Boden vergraben und auf ihre Überdauerungsfähigkeit untersucht.

Material und Methoden

Für die Untersuchung fanden 20 (Jahr 2001) bzw. 32 (Jahr 2002) Winterrapssorten verschiedener Züchter aus dem aktuellen Sortiment Verwendung. Im Labor wurden insgesamt 1.200 Samen je Sorte zu je 100 Samen/Petrischale in vier Wiederholungen und in drei zeitlich nah aufeinander folgenden Versuchsreihen geprüft. Die Dormanzinduktion erfolgte bei Dunkelheit und 20 °C durch Wasserstress, der mit einer Polyethylenglykollösung mit dem osmotischen Potenzial von –15 bar (permanenter Welkepunkt) ausgelöst wurde. Nach 14-tägiger Induktionsphase diente ein anschließender Keimtest auf Wasser, ebenfalls bei Dunkelheit und 20 °C, zur Veranlassung der Keimung der nicht dormanten Samen. Nach der Entfernung aller gekeimten Samen wurden die verbliebenen, potenziell dormanten Samen einer dormanzbrechenden Wechseltemperaturbehandlung (12 h hell/12 h dunkel, 30 °C/3 °C) ausgesetzt, um dormante von nicht lebensfähigen Samen zu unterscheiden. Alle anfallenden Arbeiten erfolgten unter grünem Sicherheitslicht. Parallel zur Dormanzinduktion wurde ein Keimtest angelegt, um primär dormante Samen im Saatgut zu identifizieren.

Für die Feldversuche wurden 500 Samen in vier Wiederholungen in Gardinenstoffsäckchen eingenäht und am 5.8.2002 für sieben Monate 10 cm tief im Boden vergraben. Zur Erzeugung einer dormanzinduzierenden Wasserstresssituation wurde der Boden vier Wochen vor und zwei Wochen nach dem Vergraben durch ein Dach vor Regen geschützt. Nach der Entnahme aus dem Boden am 3.3.2003 wurden die verbliebenen, intakten Samen gezählt und in einem Keimtest auf Keimfähigkeit geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Die Sortimente beider Versuchsjahre zeigten im Laborversuch Genotypen mit sekundärer Dormanz von 3,2 bis 76 % (2002) bzw. von 13 bis 76 % (2001). Beim Vergleich des Überschneidungssortiments beider Versuchsjahre ergab sich eine signifikante, positive Korrelation der Dormanzniveaus der verschiedenen Genotypen von 0,71 (Abb. 1). Neben der experimentell induzierten, sekundären Dormanz war vor

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), 70593 Stuttgart

allem in Sorten mit hoher sekundärer Dormanz auch ein Anteil von bis zu 15 % primärer Dormanz vorhanden (Abb. 2).

In den Vergrabungsexperimenten fanden sich nach einem halben Jahr noch 7 bis 68 % ungekeimte, keimfähige Samen wieder. Zwischen der mittels Labormethode geprüften sekundären Dormanz und den Werten für die Überdauerung aus den Vergrabungsexperimenten lag für das Sortiment von 2002 eine positive, signifikante Korrelation von 0,80 vor. (Abb. 3).

Die Korrelation zwischen den Dormanzniveaus im Labor aus beiden Versuchjahren legt den Schluss nahe, dass für die Entwicklung sekundärer Dormanz bei Raps neben der Umweltabhängigkeit ein deutlicher genetischer Hintergrund vorliegt. Wie die Untersuchung des aktuellen Sortiments zeigte, sind derzeit Genotypen sowohl mit hoher als auch mit niedriger Dormanzneigung im Anbau vertreten. Für weitere züchterische Arbeiten sind somit Ansätze vorhanden, bei entsprechender Zielsetzung gering dormante Genotypen zu selektieren. Dabei ist zu prüfen, ob niedrig dormante Sorten möglicherweise aufgrund geringerer primärer Dormanz zu Auswuchs neigen.

Auf Grund des Vergleichs der Laborergebnisse mit den praxisnahen Feldversuchen kann die Labormethode als geeignet für ein Sortenscreening betrachtet werden.

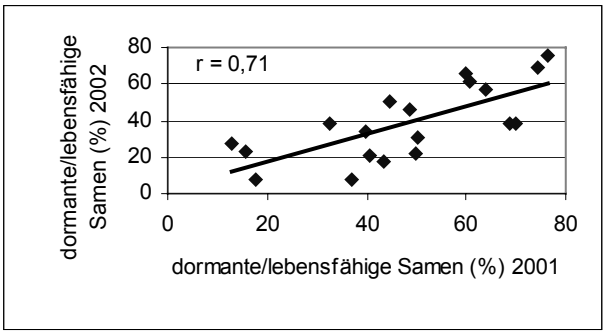


Abb. 1: Sekundäre Dormanz von Winterrapssamen im Rapssortiment der Erntejahre 2001 und 2002; n = 19, α = 5 %

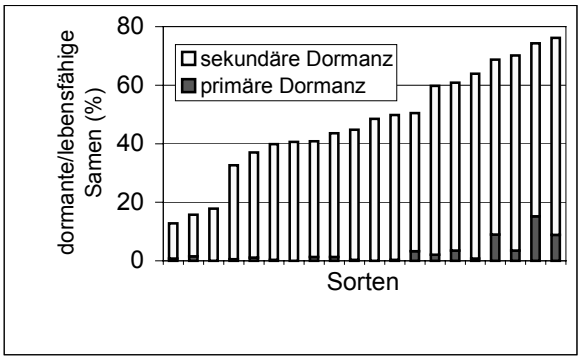


Abb. 2: Primäre und sekundäre Dormanz von Winterrapssamen im Winterrapssortiment des Erntejahres 2001

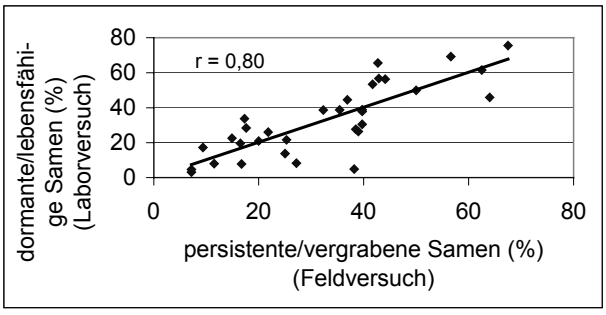


Abb. 3: Sekundäre Dormanz (Labor) und Persistenz (Feld) von Winterrapssamen im Rapssortiment 2002; n = 32, α = 5 %

Literatur

Gruber, S., Pekrun, C, Claupein, W. (2002): Variation of secondary dormancy in genetically modified and conventionally bred oilseed rape. VII. Congress of the European Society of Agronomy, Cordoba, Spain, 15th–18th July 2002, pp. 187–188

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 354–355 (2003)

Untersuchungen zur Prädetermination der Saatgutqualität bei *Cyclamen persicum* cv.

Sandra Reinhardt[1,2], Aloma Ewald[1], F.Hellwig[2]

Einleitung

Trotz nahezu gleicher Bedingungen und Kultivierung zeigen sich bei *C. persicum* große Unterschiede hinsichtlich des Samenertrags und der Qualität des Saatgutes, in bezug auf dessen Keimfähigkeit. Diese Unterschiede treten sowohl zwischen verschiedenen Genotypen, sowie zwischen Einzelpflanzen einer Population, als auch innerhalb einer Einzelpflanze auf. Grundlegende Untersuchungen, welche in der Vergangenheit die generellen Prozesse der Samenbildung dokumentierten, wurden bislang nicht unter dem Aspekt der Ursachenfindung für Unterschiede im Saatgutertrag und der Qualität durchgeführt. Es ist notwendig, mit dem Studium der Samenbildungsprozesse, sowie der Reproduktionsstrukturen des Samenträgers bereits im Vorerntestadium zu beginnen, um zu klären, ob Saatgutqualität und -ertrag, bereits in frühen Phasen prädeterminiert werden. Dazu werden erste Ergebnisse vorgestellt.

Material und Methoden

Das für die Untersuchungen verwendete Pflanzenmaterial gliedert sich in eine Selbstungsnachkomme einer Einzelpflanze der diploiden Sorte „Sylvia“, einen über somatische Embryogenese generierten Klon dieser Einzelpflanze sowie eine diploide Populationssorte und ein tetraploider Klon. Die Kultivierung der Pflanzen erfolgte unter vergleichbaren, konstanten klimatischen Bedingungen im Gewächshaus.

Die Präparate, sowohl für die Embryosackflächen Untersuchung, als auch für die Callose Einlagerung im Bereich des Embryosacks, wurden für 5 min. im Wasserbad in einer 1%igen Anilinblaulösung gekocht und für die anschließende mikroskopische Auswertung auf Objektträger in Glycerol gequetscht. Die Ermittlung der Flächenwerte der Embryosäcke erfolgte mit Hilfe der Dunkelfeldmikroskopie mit darauffolgender digitalfotografischer Aufnahme und computerunterstützter Bildanalyse. Die Callose im Bereich des Embryosacks wurde mit dem Fluoreszenzmikroskop erfasst und anschließend hinsichtlich der Stärke der Einlagerung bonitiert. Für die Untersuchungen bezüglich der Calcium Einlagerung in Embryosäcken bestäubter Blüten wurden Dünnschnittpräparate von 7μm Dicke angefertigt und mit Alizarin Red S gefärbt. Die Auswertung erfolgte lichtmikroskopisch.

Ergebnisse und Diskussion

Im folgenden werden erste Ergebnisse vorgestellt.

Die Untersuchungen zur Morphologie der Embryosäcke zeigten, dass deren Größe innerhalb eines Fruchtknotens sehr variabel ist.

Diese Variabilität zeigte sich auch zwischen verschiedenen Blüten einer Pflanze, zwischen Einzelpflanzen und zwischen den untersuchten Genotypen.

Es wird vermutet, dass die Embryosack-Heterogenität mit dem zu erwartenden Samenertrag in Verbindung steht. (Oryol, Kazachkovskaya, 1991) Eigene Untersu-

1) Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau e.V. Großbeeren/Erfurt, Kühnhäuser Str.101, 99189 Erfurt-Kühnhausen
2) Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Spezielle Botanik, Philosophenweg 16, 07743 Jena

chungen konnten eine positive Korrelation zwischen Embryosack-Heterogenität und Samenertrag bestätigen.

Die Einlagerung von Callose im Bereich des Embryosacks konnte bei allen untersuchten Genotypen festgestellt werden. Die Konzentration der Callose ist zu Beginn der Anthese am höchsten und wird bereits ab einem Zeitpunkt von 3 bis 5 Tagen nach Anthesebeginn deutlich geringer. Hinsichtlich der Stärke der Einlagerung konnten ebenfalls Genotypenunterschiede festgestellt werden. Manche Autoren interpretieren das Auftreten von Callose als Zeichen der Degeneration der Samenanlage (Dittmann, 1998), andere wiederum sind der Ansicht, die Callose Einlagerung ist notwendig, um ein für die Befruchtung günstiges physiologisches Milieu in der Samenanlage zu erreichen. Im Beispiel von *C. persicum* konnte bei allen untersuchten Genotypen im Bestand Samenansatz nachgewiesen werden. Außerdem wurde mehrfach das Eindringen von Pollenschläuchen in Samenanlagen mit Calloseeinlagerung beobachtet. Somit konnte belegt werden, dass hier die Calloseeinlagerung zumindest auf den Befruchtungsvorgang keinen nachweisbar negativen Effekt ausübt. Wahrscheinlich ist aber die Stärke der Einlagerung als Zeichen der Vitalität der Mutterpflanze von Bedeutung, da eine negative Korrelation zwischen Embryosack-Heterogenität und Stärke der Callose Einlagerung besteht. Erste Untersuchungen zur Calcium Einlagerung in befruchteten Samenanlagen ergaben, dass sich sowohl die Lokalisation, als auch die Konzentration des Calciums in der Samenanlage während der Samenentwicklung ändern. Von besonderem Interesse ist dabei der Zeitpunkt von Anthesebeginn bis ca. 1 Woche nach Anthesebeginn, da man davon ausgeht, dass das Calcium in der Samenanlage in dieser Zeit als Chemotaktikum auf die Pollenschläuche wirkt.

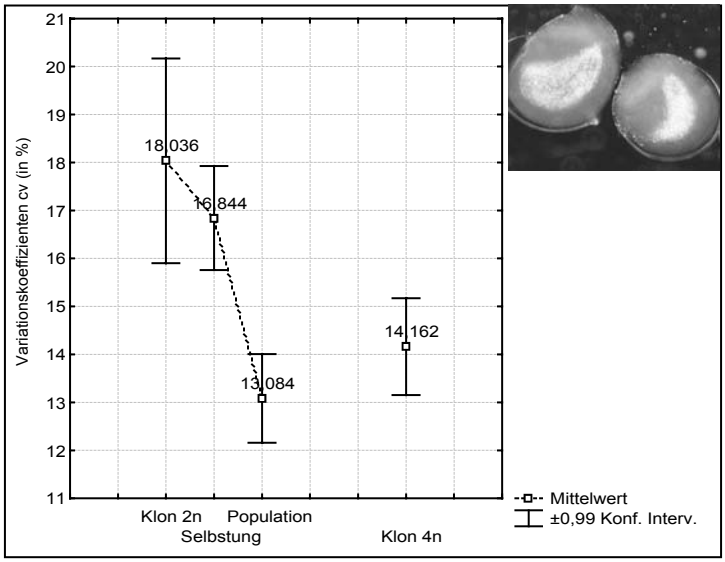


Abb.1: Embryosack-Heterogenität, Mittelwertplot der Variationskoeffizienten (cv) aller Genotypen bezüglich der Embryosackflächen

Literatur

Oryol LI, Kazachkovskaya EB (1991) Embryological heterogenity as the cause of reduction in seed productivity in *Medicago sativa* (Fabaceae). Bot Zhurl 76:161-172

Dittmann K. (1998) Die Entwicklung der Samenanlagen, und insbesondere des Endosperms, in Beziehung zum vorzeitigen Abfallen von Früchten bei der Gattung *Prunus*. Verlag Ulrich E.Grauer, Stuttgart

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 356–357 (2003)

Erste Ansätze zur Prüfung der Vererbung der Überdauerungsneigung (sekundäre Dormanz) von Raps (*Brassica napus* L.)

G. Smit, S. Gruber, W. Claupein*

Einleitung

Vor und während der Rapsernte lässt sich, selbst bei der Wahl des optimalen Erntezeitpunktes, ein zum Teil erheblicher Ausfall von Rapssamen nicht verhindern. Ist die Keimung z.B. aufgrund von Wassermangel gehemmt, und befinden sich die Samen durch eine anschließende Bodenbearbeitung unter Lichtabschluss, kann sich eine sekundäre Dormanz ausbilden. Dieses bei Raps vermutlich auf biochemischen Prozessen im Phytochromsystem beruhende Merkmal verleiht den Samen die Fähigkeit, bis zu 10 Jahre im Boden lebensfähig zu bleiben und in Folgekulturen aufzulaufen. In Nichtrapsfolgekulturen stellen diese Pflanzen ein Unkraut dar. In Raps als Folgekultur erschweren sie die Bestandesführung und können zu Qualitätsminderungen führen, da sie unter anderem eine unerwünschte Pollen- und Samenquelle darstellen. Letzteres ist insbesondere in Bezug auf transgene Pflanzen problematisch. Erste Versuche von Gruber et al. (2002) und Pekrun et al. (1997) haben gezeigt, dass man Rapssorten anbauen kann, die eine geringere Neigung zur sekundären Dormanz aufweisen. Daraus leitet sich die Frage ab, ob bei der Züchtung eine Selektion auf dieses Merkmal möglich ist. Der Versuch soll zeigen, ob durch die Nachzucht von Pflanzen aus dormanten bzw. nicht-dormanten Samen einer Sorte eine Drift hinsichtlich des Niveaus der sekundären Dormanz in der jeweiligen Nachkommenschaft vorhanden ist.

Material und Methoden

Zwei Winterrapssorten (Smart und Zenith aus der Ernte 2002), die fünf Monate bei Raumtemperatur lagerten wurden zunächst im Labor einer Dormanzinduktion durch Wasserstress (entsprechend –15 bar)und Dunkelheit mit anschließendem Keimtest unterzogen. Dazu wurden insgesamt 16 Petrischalen mit je 2 Lagen Filterpapier ausgelegt und darauf jeweils 8 ml Polyethylenglykol 6000 pipettiert, bevor unter Grünlicht (500-600nm) 100 Samen einer Sorte darin ausgestreut wurden (2 Sorten mit 8 Wiederholungen). Die 16 Petrischalen wurden randomisiert in eine mit schwarzer PVC-Silofolie ausgekleidete Blechdose gestellt und vor Lichtzutritt verschlossen bei 20° C im Keimschrank zur 14tägigen Dormanzinduktion belassen. Danach erfolgte ein Umsetzen der Samen auf mit destilliertem Wasser getränktes Filterpapier zur Durchführung eines ebenso langen Keimtests unter sonst gleichen Bedingungen, womit sich die nicht dormanten Samen identifizieren ließen. Im Keimtest ungekeimte Samen wurden als dormant angesehen und einer Wechseltemperaturbehandlung bei 12 h Licht und 30° C sowie 12 h Dunkelheit und 3° C zur Brechung der Dormanz ausgesetzt, um deren Lebensfähigkeit zu prüfen. Auf diese Weise wurde der Anteil „nichtdormanter“ (nach Keimtest) und „dormanter“ Samen (nach Wechseltemperatur) der jeweiligen Sorte ermittelt (Tab.1). Ein Teil dieser Keimlinge beider Fraktionen wurde zusammen mit einer Kontrolle (direkt ausgesäte Samen) im Gewächshaus bei 20° C und <12 h Licht pro Tag in Töpfen angezogen. Je Fraktion wurden 15 Pflanzen angezogen, so dass mit den Kontrollpflanzen 45 Pflanzen pro Sorte vorhanden waren.

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, 70599 Stuttgart

Ab dem 6-Blattstadium erfolgte nach einer einwöchigen Adaption bei 10° C und 10 h Licht eine Vernalisation unter Kurztagsbedingungen bei 3° C und 10 h Licht in Klimakammern über 60 Tage. Nach einer wiederholten Adaptionsphase wurden die Pflanzen in einem Row-Column-Design bei 20° C und 10 h Licht wieder ins Gewächshaus gestellt, wo sie nach zwei weiteren Wochen auf Langtagsbedingungen (14 h Licht) umgestellt wurden. Mittels Crispac-Beutel (360x830mm) mit Super-Micro-Lochung wurde eine Selbstung der Pflanzen sichergestellt.

Nach der Ernte soll im Labor das Erntegut der Einzelpflanzen wie oben beschrieben auf die Neigung zu sekundärer Dormanz geprüft werden. Zusätzlich werden das TKM und die Keimfähigkeit bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Zum aktuellen Zeitpunkt liegen noch keine Laborergebnisse zum Dormanzniveau der Nachkommenschaften der selektierten Fraktionen vor. Wie der Vergleich des fünf Monate gelagerten Ausgangsmaterials von der Ernte 2002 mit frisch geerntetem Material von 2001 und 2002 zeigt (Tab.1), war die Höhe der sekundären Dormanz in allen drei Analysen ähnlich.

Tab. 1: Anteile dormanter Samen / lebensfähiger Samen (%) im Ausgangsmaterial der Winterrapssorten Smart und Zenith aus verschiedenen Erntejahren und Versuchen nach (Gruber et al. 2003)

Sorte	Dormante Samen / lebensfähige Samen (%)		Standardfehler des Mittelwertes	
	Smart	Zenith	Smart	Zenith
2001	76,2	60,8	1,7	2,0
2002	75,6	61,5	2,0	2,4
2002 (Vorversuche)	75,2	58,5	1,2	2,5

Die Konstanz dieses Merkmals deutet darauf hin, dass bei diesen Rapssorten ein genetischer Hintergrund für die Fähigkeit, sekundäre Dormanz auszubilden vorhanden ist. Gruber et al. (2003) haben an einem Rapssortiment gezeigt, dass eine positive Korrelation in der Höhe der sekundären Dormanz von Rapssamen aus zwei Erntejahren gegeben ist. Somit besteht die Aussicht das Problem des Rapsdurchwuchses auch durch Genotypenwahl zu verringern.

Literatur

Gruber, S., C. Pekrun, W. Claupein, 2003: Seed persistence of genetically modified and conventionally bred oilseed rape in laboratory and burial experiments. Proc. XI. International Rapeseed Congress, Copenhagen, Denmark, 6th-10th July 2003, 876-878.

Gruber, S., C. Pekrun, W. Claupein, 2002: Variation of secondary dormancy in in genetically modifiedand conventionally bred oilseed rape. Proc. VII. Congress of the European Society of Agronomy, Cordoba, Spain, 15th-18th July 2002, 187-188.

Pekrun, C., T.C. Potter and P.J.W. Lutman, 1997: Genotypic variation in the development of secondary dormancy in oilseed rape and its impact on the persistence of volunteer rape. Proc. 1997 Brighton Crop Protection Conference- Weeds, Brighton, UK, 243-248.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 358–359 (2003)

Standortkartierung von Getreidefusariosen im Trockengebiet Ostösterreichs

M. Büchter*, M. Lemmens# & H.-P. Kaul*

Einleitung

In den letzten Jahren haben die unter Ährenfusariosen zusammengefassten Pflanzenkrankheiten zugenommen. Die Erreger sind Pilze der Gattung *Fusarium*, wobei *F. culmorum, F. graminearum, F. verticillioides* und *F. subglutinans* häufig auftreten. Sowohl bei einer Primärinfektion als auch bei einer Sekundärinfektion können *Fusarium* spp. das Getreide durch Sporen, die sich im Boden befinden, befallen (PARRY et al, 1995). Es ist jedoch nicht ausreichend geklärt, welche Faktoren einzelne *Fusarium*-Arten begünstigen und vor allem, welcher relative Stellenwert ihnen beizumessen ist. Ziel der vorliegenden Studie ist es, ein Screening zu erstellen, das Aufschluss über die Verbreitung und Bedeutung von *Fusarium* spp. am Standort Raasdorf gibt. Hintergrund bildet die Hypothese, dass aufgrund des pannonischen Klimas in dieser Region keine nennenswerten natürlichen *Fusarium*-Dichten zu erwarten sind und sich dieser Standort demnach für Forschungsarbeiten zur Populationsstruktur und –dynamik von künstlichem *Fusarium*-Inokulat eignet.

Material und Methoden

Der zugrunde liegende Feldversuch wird auf den Versuchsflächen Raasdorf der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf (Marchfeld, Niederösterreich, 156 m NN, ∅-Jahrestemperatur 9,8 °C, ∅-Jahresniederschlag 546 mm, Parabraunerde-Tschernosem, schluffiger Lehm (uL)) durchgeführt. Der Versuch (4,8 ha) wurde in einer 7-faktoriellen Spaltanlage in 3 Wiederholungen im August 2002 angelegt. Diese Studie beschränkt sich allerdings aufgrund der frühzeitigen Erhebungen auf die Faktoren Kulturpflanze (Mais, Winterweizen), Zwischenfrucht (Winterraps, Gelbsenf) und Bodenbearbeitung (Pflug, Grubber). Düngung und Pflanzenschutzmaßnahen erfolgen gemäß den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ (BMLF). Zur Ermittlung des *Fusarium*-Befalls wurden Bodenproben (4 Wdh. je Parzelle) mittels eines Stechzylinders (0–30 cm) am 8. Mai 2003 entnommen. Im Labor wurden diese Proben getrennt nach Mineralboden (< 2 mm) und pflanzlichem Rückstand auf *Fusarium*-Besatzdichten (Keimzahl g^{-1} Boden bzw. g^{-1} pflanzlichen Rückstand, nach NELSON et al., 1983) und *Fusarium*-Arten (nach NIRENBERG, 1981) untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Am Untersuchungsstandort wurden substratspezifische Besatzdichten nachgewiesen. Tab. 1 zeigt den Einfluss der angebauten Kulturart und der Bodenbearbeitung auf die Besatzdichte in Abhängigkeit vom untersuchten Substrat (Boden, pflanzlicher Rückstand). Insgesamt fielen die Besatzdichten äußerst niedrig aus. Die Keimzahlen g^{-1} Boden lagen zwischen 10 und 17. Die Keimzahlen g^{-1} pflanzlichen Rückstand streuten deutlich zwischen 4 und 50. Insbesondere Variante 2 wies dabei eine hohe Besatzdichte auf.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien
# Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie in Tulln (IFA-Tulln), Konrad Lorenz Straße 20, A-3430 Tulln

Tab. 1: Besatzdichten der Mineralböden und der pflanzlichen Rückstände

Variante	Vorfrucht 2002	Zwischen-frucht	Hauptfrucht 2003	Bodenbe-arbeitung	Besatzdichte (Keimzahl g^{-1} Mineralboden)	Besatzdichte (Keimzahl g^{-1} pfl. Rückstand)
1	Wintergerste	Raps	Körnermais	Grubber	12^{a}	4^{c}
2	Wintergerste	Senf	Körnermais	Grubber	10^{a}	50^{a}
3	Wintergerste	Raps	Körnermais	Pflug	17^{a}	16^{b}
4	Wintergerste	Senf	Körnermais	Pflug	15^{a}	7^{c}
5	Wintergerste	-	Winterweizen	Pflug	14^{a}	9^{c}

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. Student-Newman-Keuls-Test, p = 0,05)

Ein Vergleich der *Fusarium*-Arten in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat (Abb. 1) zeigt, dass es Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung gibt. So stellen im „Boden“ *F. solani* und *F. oxysporum* 70–80 % der insgesamt vorkommenden *Fusarium*-Pilze dar, im „pflanzlichen Rückstand“ treten Arten wie *F. graminearum, F. culmorum* und *F. equisetum* häufiger auf.

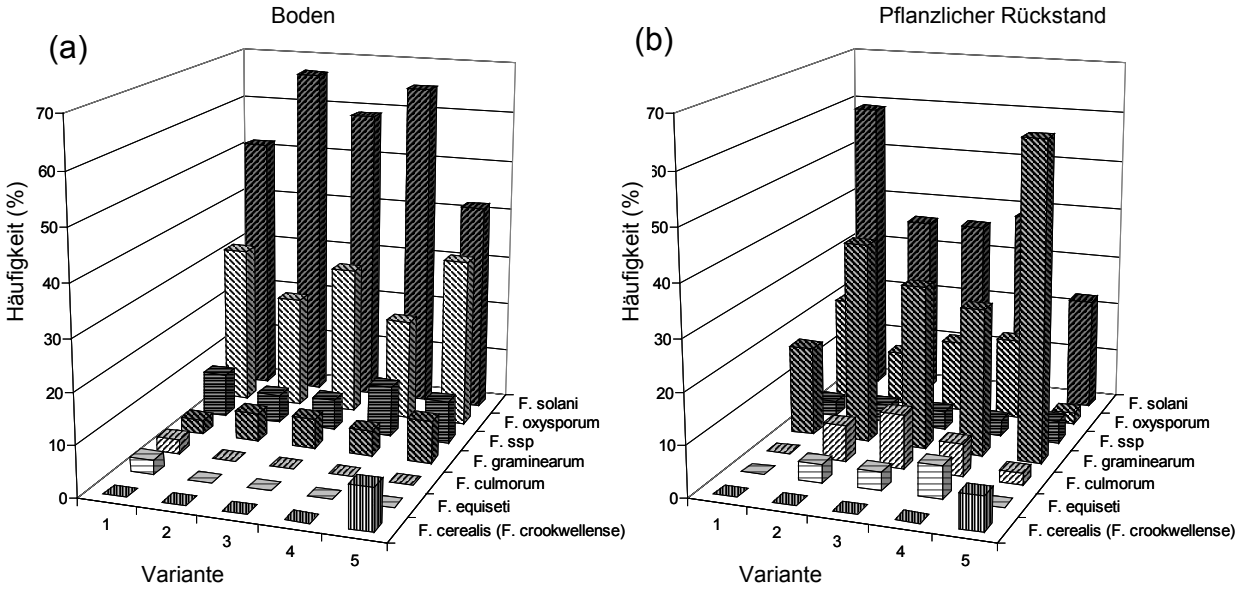


Abb. 1: *Fusarium*-Arten im „Mineralboden“ (a) und im „Pflanzlichen Rückstand“ (b)

Schlussfolgerung

Am Untersuchungsstandort wurden unter dem Einfluss des pannonischen Klimas nur geringe Besatzdichten sowie Artenvorkommen bestimmt. Hinsichtlich weiterer Studien erscheint dieser Standort geeignet, um den Einfluss von Faktoren auf Populationsstruktur und –dynamik von definiert ausgebrachten *Fusarium*-Stämmen zu untersuchen.

Literatur

Nelson, P. E., Toussoun, T. A. & Marasas, W. F. O., 1983: Fusarium species. The Pensylvania State University Press.

Nierenberg, H. I.; 1981: A simplified method for identifying Fusarium spp. occurring on wheat. Can. J. Bot., 59, 1599-1609.

Parry, D. W., Jenkinson, P. & McLeod, L. 1995: Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals – a review. Plant Pathology, 44, 207-238.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 360–361 (2003)

Einfluss bodenphysikalischer Parameter auf die Bestimmung des volumetrischen Bodenwassergehalts mittels TRIME-TDR

Eszter Zsom[#], G. Bodner*, M. Büchter* und H.-P. Kaul*

Einleitung

Als Eingangsgröße für die Bodenwasserbilanz in Simulationsmodellen werden die Daten des Wassergehalts häufig mittels TDR-Messtechnik erhoben. Bisher vorliegende Studien haben gezeigt, dass durch eine Korrekturfunktion der u. a. aufgrund von Bodenheterogenitäten auftretende Fehler der TDR-Messwerte minimiert werden kann (ROTH et al., 1992; DASBERG & HOPMANS, 1992; WEGEHENKEL, 1998). Ziel dieser Untersuchung war es, die Messgenauigkeit der TRIME-TDR-Rohrsonde (Fa. IMKO) in Abhängigkeit von bodenphysikalischen Kennwerten im Feldversuch darzustellen und eine entsprechende standortspezifische Korrekturfunktion zu entwickeln.

Material und Methoden

Der zugrunde liegende Feldversuch wird auf den Versuchsflächen Raasdorf der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf (Marchfeld, Niederösterreich, 156 m NN, ∅-Jahrestemperatur 9,8 °C, ∅-Jahresniederschlag 546 mm, Parabraunerde-Tschernosem, schluffiger Lehm (uL)) durchgeführt. Der Versuch (4,8 ha) wurde in einer mehrfaktoriellen Spaltanlage in 3 Wiederholungen im August 2002 angelegt. Aufgrund der einheitlich durchgeführten Bodenbearbeitung zu Versuchsbeginn blieben die Faktoren in dieser Studie allerdings unberücksichtigt. Als bodenspezifische Parameter wurden Lagerungsdichte, Porenvolumen, Korngrößenverteilung, nFK und Bodenwassergehalt in drei Tiefenstufen (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) bestimmt. An insgesamt 63 Messstellen wurde monatlich der volumetrische Bodenwassergehalt (TDR-Methode) mit gravimetrischen Wassergehaltsmessungen an 5 Terminen (1. Woche von Oktober bis März, mit Ausnahme des Februars (> 30 cm Bodenfrost)) verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die mit der TDR-Rohrsonde erhobenen Bodenwassergehalte lagen für die 315 Beobachtungen zwischen 17–40 Vol.%, die gravimetrisch bestimmten Werte zwischen 18–28 Vol.%. In Abb. 1 ist die Häufigkeitsverteilung der Differenz von TDR-Messwert und gravimetrischem Messwert zwischen -6 und +15 Vol.% dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die TDR-Methode im Vergleich zur gravimetrischen Messung den Bodenwassergehalt teils beträchtlich überschätzt. Bei 50 % der Messungen lag die Abweichung > 5 Vol.%. Universalkalibrierte TDR-Sonden (Nichtberücksichtigung der Lagerungsdichte) ergeben aufgrund von Fehlerquellen wie Temperaturkompensation, fehlerhafter Einbau (Vergrößerung des Porenraumes) und räumliche Bodenheterogenitäten keine zufrieden stellende Übereinstimmung mit der gravimetrischen Referenz. Zum Fehlerausgleich eignet sich die lineare Regression (WEGEHENKEL, 1998). Nachteil des Verfahrens ist, dass an jedem neuen Standort Regressionsfunktionen ermittelt werden müssen. Die Abb. 2 zeigt die lineare Regression für den Untersuchungsstandort. Die Häufigkeitsverteilung der Abweichungen TDR-Messwert –

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien
[#] Lehrstuhl für Pflanzenbau und Landschaftsökologie, Universität Debrecen

gravimetrischer Messwert nach Korrektur (Abb. 3) zeigt einen erheblich verringerten Fehler der TDR-Rohrsonde auf.

Schlussfolgerung

TDR-Messwerte weisen einen tolerierbaren Messfehler auf, wenn sie am Untersuchungsstandort mittels gravimetrischer Messwerte kalibriert werden.

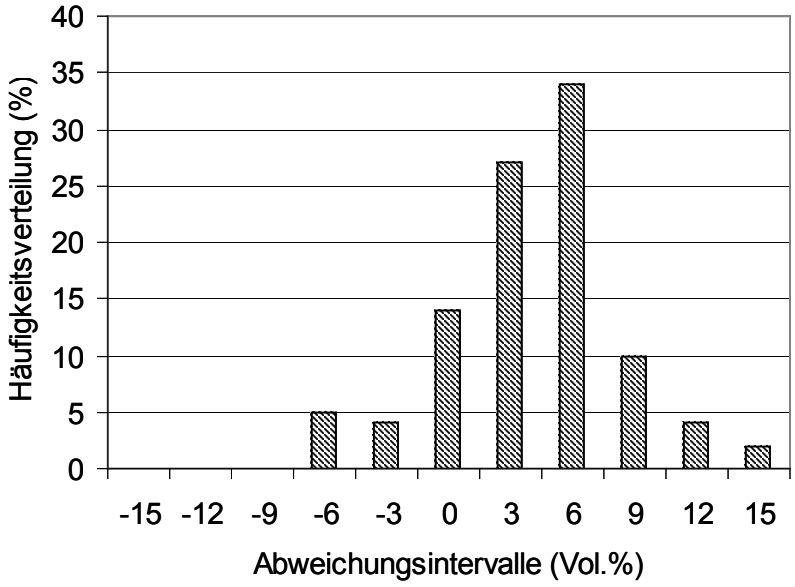


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Abweichungsintervalle ΘTDR-Messwert – Θgravimetrischer Messwert

Literatur

Dasberg, S. & Hopmans, J. W., 1992: TDR calibration for uniformly and non-uniformly wetted sandy and clayed loam soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 56, 1341-1345.

Roth, C. H., Malicki, M. A. & Plagge, R., 1992: Empirical evaluation of the relationship between soil dielectric constant and volumetric water content as the basis for calibration of soil moisture measurements by TDR. J. Soil Sci. 43, 1-13.

Wegehenkel, M., 1998: Zum Einsatz von TRIME-TDR zur Messung der Bodenfeuchte auf leichten Sandböden. Z. Pfl.ernährung Bodenk. 161, 577-582.

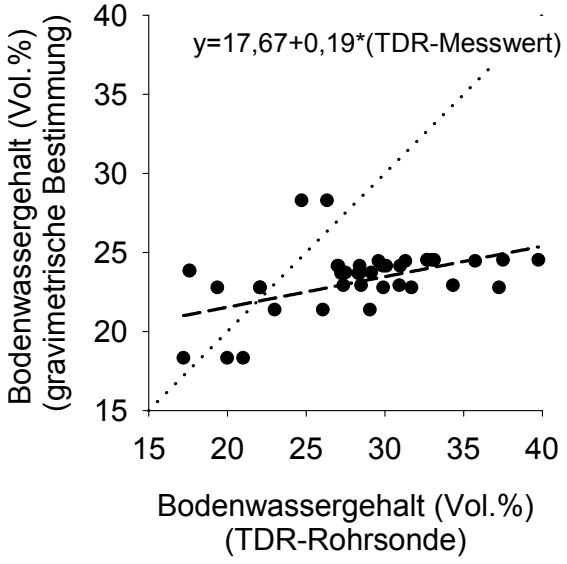


Abb. 2: Lineare Regression der gravimetrischen Messwerte auf die TDR-Messwerte

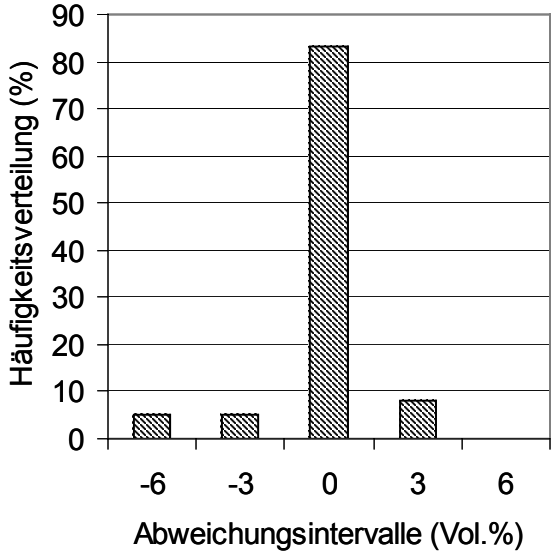


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung der Abweichungsintervalle ΘTDR-Messwert – Θgravimetrischer Messwert

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 362–367 (2003)

Spaltanlage – Messwiederholung – Dauerversuch: Hinweise zur Auswertung komplexer pflanzenbaulicher Versuche mit gemischten Modellen

Hans-Peter Piepho und Andreas Büchse*

Einleitung

Viele pflanzenbauliche Versuche werden nach komplexen Designs angelegt, die mehrere Randomisationsschritte beinhalten, z.B. Spalt- und Streifenanlagen. Das für die Auswertung adäquate Modell umfasst für jeden Randomisationsschritt einen oder mehrere zufällige Effekte, so dass ein sog. gemischtes Modell vorliegt (mixed model). Hinzu kommt oft eine über mehrere Zeitpunkte wiederholte Erfassung von Zielvariablen, so z.B. bei mehrschnittigen und/oder mehrjährigen Grünlandversuchen sowie bei Dauerversuchen. Wegen der wiederholten Messung müssen bei der Analyse Korrelationen zwischen den auf der gleichen Parzelle oder an den gleichen Pflanzen erhobenen Daten berücksichtigt werden. Eine ähnliche Problematik ergibt sich bei Versuchen mit Bodenproben in mehreren Tiefen. Für solche Fälle stehen verschiedene Erweiterungen des gemischten Modells zur Verfügung. Darüber hinaus gibt es eine ganze Reihe weiterer Versuchsanlagen und -strukturen, die zur Auswertung ein gemischtes Modell erfordern, z.B. Versuchsserien und Nächstnachbaranalysen großer Sortenversuche.

Anwender sind meist vertraut mit varianzanalytischen Auswertungen auf Basis linearer Modelle, z.B. mit PROC GLM in SAS. Dagegen ist die Verwendung von Prozeduren für gemischte Modelle wie z.B. PROC MIXED in SAS viel weniger geläufig, als es das regelmäßige Auftreten solcher Versuchsanlagen erfordern würde. Ziel des Workshops ist daher eine anwendungsorientierte Einführung in gemischte Modelle, die deutlich macht, dass es im Vergleich zwischen gemischten Modellen und altbekannter Varianzanalyse viel mehr Gemeinsamkeiten als Neuerungen gibt und dass gemischte Modelle ein sehr flexibles Instrumentarium zur Auswertung pflanzenbaulicher Versuche bieten. Anhand einiger typischer Beispiele sollen die wesentlichen Analyseschritte erläutert werden, wobei zu Beginn eine Streifenanlage relativ ausführlich behandelt wird, um die grundlegenden Aspekte darzulegen. Die Datensätze und Prozeduranweisungen sowie eine detaillierte Beschreibung der Analyseschritte und Interpretation der Ergebnisse sind unter http://www.uni-hohenheim/Bioinformatik/Bioinformatik/ verfügbar. Im Tagungsband werden vor allem die verschiedenen Versuchsdesigns und -fragestellungen beschrieben, deren Auswertung im Workshop im Einzelnen erläutert wird.

Beispiel 1: Streifenanlage

In einem Feldversuch wurde die Auswirkung von 2-, 3-, 4-, und 5-Schnittnutzung auf den TM-Ertrag im Grünland geprüft (Dr. U. Thumm, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Hohenheim). Hierbei wurden zwei Faktoren untersucht: Nutzungshäufigkeit (4 Stufen – 2 bis 5 Schnitte pro Jahr) und N-Düngung (2 Stufen – 30 und 60 kg N/ha). Die Ertragserfassung erfolgt mit einem HALDRUP-Grünfuttervollernter. Daher wurden die Varianten mit gleicher Nutzungshäufigkeit hintereinander angeordnet,

* Fachgebiet Bioinformatik, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstrasse 23, 70599 Stuttgart

d.h. in Zeilen innerhalb eines vollständigen Blocks. Ansonsten wären zwischen allen Parzellen breite Zwischenwege erforderlich gewesen; so viel Versuchsfläche stand jedoch nicht zur Verfügung. Die Düngung erfolgte mit einem Kastendüngerstreuer. Diese Geräte brauchen immer eine Anlaufstrecke (ca. 1-2m) bis gleichmäßig Dünger ausgebracht wird. Die Düngervarianten wurden in Spalten eines Blocks randomisiert, damit auf mehreren Parzellen hintereinander eine einheitliche Düngermenge ohne Unterbrechung ausgestreut werden konnte. Die Auswertung dieser Streifananlage beruht auf dem Modell

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + r_k + z_{ik} + s_{jk} + e_{ijk} \ ,$$

wobei y_{ijk} = Ertrag der i-ten Nutzungshäufigkeit und j-ten Düngungsvariante im k-ten Block, μ = Gesamtmittel, α_i = Haupteffekt der i-ten Nutzungshäufigkeit, β_j = Haupteffekt der j-ten Düngervariante, $(\alpha\beta)_{ij}$ = Wechselwirkung, r_k = Effekt des k-ten Block, z_{ik} = Fehler der i-ten Zeile im k-ten Block, s_{jk} = Fehler der j-ten Spalte im k-ten Block und e_{ijk} = Kleinteilstückfehler (Rest). Die drei Fehlereffekte z_{ik}, s_{jk} und e_{ijk} sind normalverteilt mit Varianzen σ_z^2, σ_s^2 und σ_e^2. Da mehr als ein zufälliger Effekt vorliegt, spricht man von einem gemischten Modell. Gemischte Modelle können mit der sog. Restricted Maximum Likelihood (REML) Methode ausgewertet werden, die sich in einigen Aspekten von der gewöhnlichen Varianzanalyse unterscheidet, im wesentlichen aber zu denselben oder zumindest ähnlichen Ergebnissen führt. Im Fall der Streifenanlage sind dies folgende Analyseschritte: (1) Die drei Varianzkomponenten werden mit der REML-Methode geschätzt. (2) Die Varianzschätzungen werden verwendet, um sog. Wald-F-Tests zu berechnen. Die resultierenden F-Werte stimmen in der Regel mit denen überein, die sich mit einer Varianzanalyse (GLM) ergeben, bei welcher jeder der drei Behandlungseffekte (Hauptwirkungen und Wechselwirkung) gegen einen anderen Fehlerterm getestet wird. Allerdings liefert die REML-Analyse keine Quadratsummen und Mittelquadrate, sondern nur die F-Werte. (3) Mittelwerte werden mit der Methode der gewichteten kleinsten Quadrate berechnet. Hierbei werden Standardfehler einer Differenz für Mittelwertvergleiche mittels der geschätzten Varianzkomponenten berechnet. Die Standardfehler entsprechen denen, die in der Varianzanalyse aus den Mittelquadraten für Groß- und Kleineilstückfehler berechnet werden.

Die REML-Analyse hat zwei wesentliche praktische Vorteile: (1) Die Standardfehler einer Differenz werden automatisch richtig berechnet, ebenso die Fehler-Freiheitsgrade. Für bestimmte Vergleiche müssen diese approximiert werden, was mit der Satterthwaite-Methode möglich ist, welche in MIXED implementiert und somit per Knopfdruck verfügbar ist. Bei der Auswertung mit GLM werden dagegen in gemischten Modellen für einige Vergleiche falsche Standardfehler und Freiheitsgrade berechnet, die von Hand korrigiert werden müssen. (2) Die Auswertung mit REML führt auch bei fehlenden Werten zu validen Ergebnissen.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass mit einer REML-Analyse die adäquate Auswertung einer Spaltanlage kaum aufwändiger ist als die Varianzanalyse einer Blockanlage.

Beispiel 2: Eine ungewöhnliche Spaltanlage

Zur Untersuchung der Einflussmöglichkeiten auf die Festbrennstoffqualität von Energietriticale wurde ein zweifaktorieller Versuch mit den Faktoren Stroh (Belassen auf der Stoppel oder Abfahren des Strohs) und K-Düngung angelegt (Dr. D. Kauter, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Hohenheim; Abb. 1). Aus technischen Gründen

musste die Randomisation des Faktors Stroh stark eingeschränkt werden. Die Versuchsfläche wurde in 4 Zeilen und 8 Spalten unterteilt. Die 8 Spalten wurden zu 4 Großteilstücken à 2 Spalten zusammengefasst. Zwei Großteilstücke bildeten jeweils einen Block, in dem der Faktor Stroh randomisiert wurde. Je Zeile wurden die 4 K-Stufen getrennt für die beiden Strohstufen randomisiert.

Die Prüfung des Haupteffektes Stroh weist eine verringerte Effizienz auf, was der Preis für die aus technischen Gründen eingeschränkte Randomisation ist. Für die Auswertung ist die Formulierung eines adäquaten gemischten Modells erforderlich, wobei es hilfreich ist, Design- und Behandlungseffekte zu trennen. Durch Anwendung der bei Piepho et al. (2003) beschriebenen Methoden ergibt sich folgendes Modell (Syntax nach Patterson; ähnlich der Modellsyntax bei Prozeduren für lineare Modelle):

A B A•B GS A•Z : GS•GT A•Z•PLOT.

Hierbei werden feste Effekte vor zufälligen Effekten aufgeführt (vor bzw. nach dem Doppelpunkt), wobei folgende Kodierung vorausgesetzt wird: GS = Großspalten, GT = Großteilstücke, Z = Zeilen, A = Strohvariante, B = KCl-Variante, PLOT = Parzellen-Nummer. Mit Angabe dieses Modells ergibt sich bei Verwendung der SAS Prozedur MIXED automatisch die richtige Analyse, auch bei unbalancierten Daten. Es ist beachtenswert, dass für die betrachtete Anlage keine Formeln in Lehrbüchern existieren und eine vollständige Analyse mit GLM nicht möglich ist.

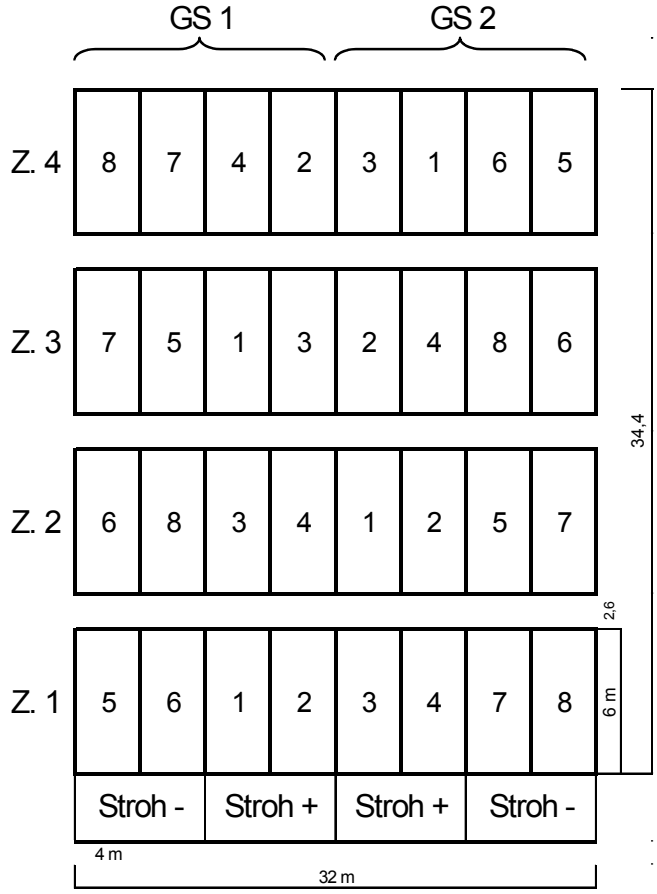


Abb. 1: Spaltanlage für Versuch mit Energietriticale. Varianten 1 bis 4 mit Strohdüngung: 1: KCl im Herbst, 2: KCl im Frühjahr; 3: K_2SO_4 im Herbst; 4: Kontrolle. Varianten 5 bis 8: Wie 1 bis 4, aber ohne Strohdüngung.

Beispiel 3: Feldversuch mit Messwiederholungen im Raum

Leguminosen-Grasgemenge sind als N-Quelle in Fruchtfolgen des Organischen Landbaus von zentraler Bedeutung. Nach meist mehrjährigem Anbau wird der von den Leguminosen assimilierte Stickstoff mit dem Umbruch der Narbe durch die Mine-

ralisation der organischen Substanz wieder freigesetzt. In der Praxis steht für eine Steuerung der Mineralisierung ausschließlich das Instrument der Bodenbearbeitung zur Verfügung. Ziel eines Feldversuchs war es daher, die Beeinflussbarkeit der N-Mineralisierung durch eine Variation des Narbenumbruchs zu quantifizieren (F. Wald, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Hohenheim). Nach dem Umbruch eines dreijährigen Klee-Luzernegrasgemenges wurde im Herbst die Weizensorte Rektor gesät. Die Bodenbearbeitung zum Umbruch der Narbe wurde in 3 Stufen in einer Blockanlage variiert. Die Stickstoffgehalte des Bodens wurden durch wiederholtes Beproben in den Tiefen 0-10, 10-20, 20-30 und 30-60 cm ermittelt. Die Messungen erfolgten zu 3 verschiedenen Zeitpunkten.

Bei der Auswertung ist zu berücksichtigen, dass wiederholte Messungen in derselben Parzelle in verschiedenen Tiefen korreliert sind. Diese Korrelationen müssen bei der Auswertung berücksichtigt werden, um valide statistische Tests für Hauptwirkungen und Interaktionen zu erhalten. Ignoriert man dagegen die Korrelationen, so sind die resultierenden statistischen Auswertungen inadäquat bzw. irreführend. Bei Messwiederholungen ist in der Regel davon auszugehen, dass die Korrelation mit dem räumlichen (oder zeitlichen) Abstand zwischen zwei Messungen sinkt. Es gibt eine Reihe entsprechender Korrelationsstrukturen, die im Rahmen eines gemischten Modells geschätzt werden können. Man passt zunächst verschiedene Modelle für die Korrelationsstruktur an und selektiert dann dasjenige Modell, welches am besten an die Daten passt. Anschließend werden die Behandlungseffekte des Modells mittels Wald-F-Tests und t-Tests geprüft. Hierbei tritt bei einigen Vergleichen das Problem auf, dass der Standardfehler einer Differenz nicht konstant ist, so dass keine gemeinsame Grenzdifferenz berechnet werden kann und eine Buchstabendarstellung mit Standardverfahren nicht möglich ist. Allerdings gibt es eine neue Methode, mit der in solchen Fällen eine Buchstabendarstellung erhalten werden kann (Piepho, 2003a).

Beispiel 4: Streifen-Spaltanlage, Messwiederholungen in der Zeit

Der Befall mit *Fusarium*-Pilzen ist nach wie vor ein Problem im Weizenanbau. Im Rahmen einer mehrjährigen Versuchsserie wurde die Wirkung von Bodenbearbeitung, Sorte und Fungizidbehandlung auf den *Fusarium*-Befall von Winterweizen gemessen (C. Pringas, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen). Zielvariable war die Belastung des Erntegutes mit Deoxynivalenol [mg/kg]. Der Versuch wurde in 4 vollständigen Blöcken angelegt. Jeder Block war in 2 Spalten (Pflug, Mulch) geteilt. Die Spalten wurden jeweils in 2 Unterspalten (Sorte A, Sorte B) gegliedert. In rechtem Winkel dazu war jeder Block in 2 Zeilen (mit Fungizid, ohne Fungizid) geteilt. Das Versuchsdesign entspricht damit dem einer dreifaktoriellen Streifen-Spaltanlage in 4 Wiederholungen. Der Versuch wurde zweijährig auf der gleichen Fläche mit ortsfesten Behandlungen durchgeführt.

Bei der statistischen Analyse interessiert sowohl die einjährige als auch die zweijährige Auswertung. Hierbei ist die Korrelation zwischen den Jahren entsprechend zu modellieren (Messwiederholung). Außerdem erweist es sich als sinnvoll, die abhängige Variable Deoxynivalenol-Gehalt vor der Auswertung zu transformieren, um die Voraussetzungen der Varianzanalyse wie Varianzhomogenität und Normalverteilung der Residuen zu erreichen. Als Ergebnis der Analyse erhält man Mittelwerte auf der transformierten Skala. Zur besseren Interpretation der Ergebnisse bietet sich eine Rücktransformation der Mittelwerte an. Bei der Interpretation ist folgendes zu berücksichtigen: (a) Die rücktransformierten Mittelwerte sind Schätzwerte für den Me-

dian und nicht für den arithmetischen Mittelwert (Erwartungswert). (b) Die rücktransformierten Mittelwerte sind "median-treu", nicht erwartungstreu.

Ein besonderes Problem, das anhand dieses Beispiels beleuchtet werden soll, ist der Fall von Varianzkomponenten mit negativen Schätzwerten. Wir zeigen, dass sich im Fall balancierter Daten mit einer REML-Analyse dieselben F-Tests erhalten lassen wie mit GLM.

Beispiel 5: Kombination von zweifaktorieller Spaltanlage und Dauerversuch in dreifeldriger Fruchtfolge

Zur Untersuchung einer dreifeldrigen Fruchtfolge (Zuckerrüben-Winterweizen-Wintergerste) wurde ein Systemversuch auf 3 benachbarten Teilschlägen mit Fruchtwechsel angelegt (H.P. König, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen; Abb. 2). Der Versuch befindet sich in der 4. Rotation. Zwischen Gerste und Rüben wird jeweils eine Zwischenfrucht zur Nematodenbekämpfung angebaut. Jeder Teilschlag ist in eine Spaltanlage mit 4 Wiederholungen aufgeteilt. Großteilstückfaktor ist die Bodenbearbeitung (Pflug, Mulch), Kleinteilstückfaktor ist die Stickstoffdüngung (N0, N1, N2, N3). Die Behandlungen sind ortsfest, die Stickstoffstufen sind den Fruchtarten angepasst (N1 Weizen ist z.B. nicht gleich N1 Zuckerrüben). Neben Fruchtart-spezifischen Vergleichen sind auch Fruchtart-übergreifende Vergleiche von Interesse.

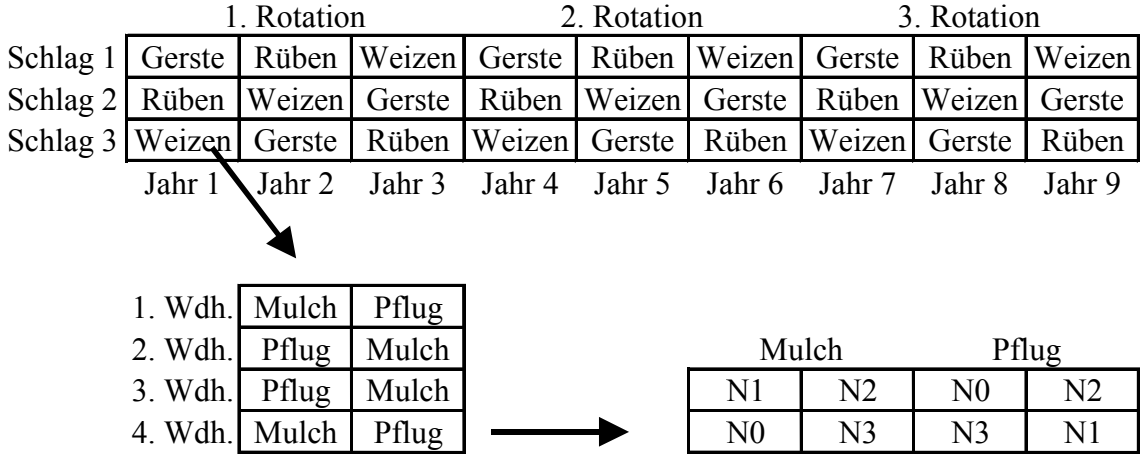


Abb. 2: Anlageplan für Dauerversuch (Beispiel 5).

Wegen fehlender Wiederholungen für den Faktor Frucht ist eine jahresweise Auswertung nicht durchführbar. Ein Vergleich der Fruchtarten ist jedoch möglich, sofern der Faktor Jahr als zufällig betrachtet wird, weil dann über die Jahre Wiederholungen verfügbar werden. Bei der Auswertung ist eine Vermengung verschiedener Effekte zu berücksichtigen. Der Versuch ist nicht orthogonal, da nur ein Drittel der Kombinationen Jahr•Schlag•Frucht realisiert wird. So umfasst beispielsweise der Effekt Schlag•Jahr gleichzeitig die Effekte Frucht•Jahr und Schlag•Frucht•Jahr, da in einem Jahr jede Fruchtart nur auf einem Schlag steht und jeder Schlag jährlich auch nur eine Frucht trägt. Damit ist abschließend eine Modellreduktion um diese vermengten bzw. redundanten Effekte notwendig. Da ortsfeste Behandlungen vorliegen und jedes Jahr in den gleichen Parzellen Daten erhoben werden, ist eine entsprechende Kovarianzstruktur für die untereinander korrelierten Messwiederholungen zu wählen. Im Workshop wird der schrittweise Aufbau und die interaktive Optimierung des Modells dargestellt.

Beispiel 6: Transformation von Prozentzahlen

Es wurde ein Laborexperiment zur Dormanzinduktion bei verschiedenen Rapssorten durchgeführt (S. Gruber, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Hohenheim). Für jede Sorte wurden Samen auf Petrischalen zur Keimung ausgelegt. Mehrere Petrischalen wurden jeweils in einem lichtverschlossenen Behälter platziert. Die Auswertung erfordert ein gemischtes Modell mit zufälligen Effekten für die beiden Randomisationseinheiten "Behälter" und "Petrischale". Am Ende des Experiments wurde der Anteil nicht-gekeimter Samen ermittelt.

Die Analyse nach einem gemischten Modell basiert auf verschiedenen Annahmen wie Additivität der Effekte, Varianzhomogenität und Normalverteilung. Diese Voraussetzungen sind insbesondere bei Prozentzahlen und Zählwerten oft verletzt. Ein sehr gängiges Vorgehen bei Verletzung der Voraussetzungen ist die Transformation der Daten. Hierbei stellt sich die Frage, welche der verschiedenen möglichen Transformationen zu bevorzugen ist. Besonders praktisch ist es hierbei, eine Familie von Transformationen zu verwenden, die je nach Wahl eines Parameters verschiedene Transformationen zulässt und dann die optimale Transformation aus den Daten zu schätzen. Die bekannteste ist die Box-Cox-Familie von Tranformationen. Für Prozentzahlen gibt es eine Reihe von alternativen Transformationen (Piepho, 2003b), die hier vorgestellt werden.

Beispiel 7: Nearest-Neighbor-Adjusted BLUP

Im Rahmen des GABI-Projekts "Genomanalyse der Kühletoleranz" wurde eine große Population von Maislinien an 19 Standorten in einem sog. Augmented Design geprüft (Dr. T. Presterl, Institut für Pflanzenzüchtung, Universität Hohenheim). Jeder Versuch war in 9 Blöcke aufgeteilt, wobei in einem Block 90 Linien und 10 Standardsorten angebaut wurden. Somit liegen für die Standards 9 Wiederholungen vor, während die Linien unwiederholt waren. Die Linien werden für die Auswertung als zufällig betrachtet, da sie aus einer Ursprungskreuzung hervorgegangen sind. Linieneffekte werden mit der gängigen Schätzmethode für zufällige Effekte, BLUP = best linear unbiased prediction, im Rahmen eines gemischten Modells geschätzt. Die BLUP-Schätzung hat einen geringeren Vorhersagefehler als die beobachteten Linienwerte, vorausgesetzt die Modellannahmen stimmen. Die Effekte für die Standards werden als fest betrachtet. Wegen der Größe des Versuchs bietet sich eine geostatistische Auswertung an, um eine Korrektur für die Bodenheterogenität durchführen zu können. Die Korrektur beruht darauf, dass die Ertragsfähigkeit einer Parzelle über die Nachbarparzellen abgeschätzt wird (Nächst-Nachbar-Analyse). Die notwendigen Berechnungen lassen sich sehr einfach über die Anpassung eines gemischten Modells implementieren. Hierzu wurden die Beobachtungen so modelliert, das Korrelationen zwischen benachbarten Parzellen zugelassen wurden. Die Nächst-Nachbar-Korrektur für Bodenheterogenität ergibt sich dann automatisch mit dem BLUP-Verfahren. Abschließend lässt sich die Zusammenfassung der Serie im Rahmen eines gemischten Modells leicht bewerkstelligen.

Literatur

Piepho HP 2003a: An algorithm for a letter-based representation of all-pairwise comparisons. – Journal of Computational and Graphical Statistics

Piepho, HP 2003b: The folded exponential transformation for proportions. submitted

Piepho HP, Büchse A, Emrich K 2003: A hitchhiker's guide to the mixed model analysis of randomized experiments. – Journal of Agonomy and Crop Science