

**Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Mitteilungen der
Band 16**

„Effizienter Pflanzenbau für Nahrung und Rohstoffe im 21. Jahrhundert“

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

**47. Jahrestagung
vom 21. bis 23. September 2004
in Braunschweig**

**„Effizienter Pflanzenbau
für Nahrung und Rohstoffe
im 21. Jahrhundert“**

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

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

**Verlag Günter Heimbach
Stuttgart 2004**

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 3-935380-15-1

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

Plenarvorträge

Plenum: Effizienter Pflanzenbau für Nahrung und Rohstoffe im 21. Jahrhundert

H. KAGE: Produktionspotenziale im Pflanzenbau	1
M.J. KROPFF, L. BASTIAANS: Crop diversification for sustainability: a system approach based on production ecology and resource conservation	6
J. R. PORTER, W. STEFFEN: Current and future issues for global environmental change and arable agriculture.....	10

Übersichtsreferat

P. FREIHERR VON DEM BUSSCHE: Effizienter Pflanzenbau für Nahrung und Rohstoffe im 21. Jahrhundert.....	15
--	----

Beiträge in den Symposien

Symposium 1 „Produktionspotenziale im Pflanzenbau“

Kurzvorträge

S. SCHITTENHELM, H. SOURELL, F.-J. LÖPMEIER: Wie viel Kraut braucht die Kartoffel? .	19
H. SCHUMANN: Ertragsfähigkeit von Ackerböden – Parameter für den Präzisionspflanzenbau	21
HEIKE HAHN, M. A. McMANUS, D. B. SCOTT: Können endophytische Pilze die Trockenstress-Toleranz von Deutschem Weidelgras (<i>Lolium perenne</i> L.) verbessern?	23
M. GOLLNER, J. K. FRIEDEL, B. FREYER: Auswirkungen acker- und pflanzenbaulicher Massnahmen auf die arbuskuläre Mykorrhiza im Ökologischen Landbau	25
F. SCHULZ, G. LEITHOLD: Effekte unterschiedlicher Reihenweiten und Aussaatstärken auf den Kornertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen im ökologischen Landbau	27
ANGELIKA NEUMANN, R. RAUBER: Einfluss substitutiver und additiver Anbaumuster auf Ertragsvorteile in Erbsen-Hafer-Gemengen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung.....	29
A. BRAMM, P. STYPEREK: Ertragsverhalten, Qualitäten sowie Energie-, CO ₂ -, Humus- und Nährstoffbilanzen einer Fruchtfolge bei unterschiedlichen Produktionsintensitäten.....	31
D. KÖPPEN: Zur Versorgung der Weltbevölkerung mit Nahrungsenergie vom Ackerland	33

Posterbeiträge

G. SAUERBECK: Amaranth-Ergänzungspflanzen für Mischsilagen mit Mais?	35
CHRISTINE KENTER, CHRISTA HOFFMANN: Einfluss von Trockenstress auf Qualitätsveränderungen bei der Lagerung von Zuckerrüben.	37

JUDITH RÜHRER, M. STEMMER, J. K. FRIEDEL: Stickstoffmineralisierung aus vegetabilen Düngern in Kombination mit Mistkompost im Ökologischen Landbau.....	39
L. SCHMIDT: Einfluss langjähriger Kalidüngung auf Pflanzenertrag und Boden.....	41
A. SURBÖCK, J. LEDERMÜLLER, ELISABETH SCHIESSENDOPPLER, J. K. FRIEDEL, B. FREYER: Auswirkungen unterschiedlicher Vorfruchtkombinationen aus Haupt- und Zwischenfrucht auf Ertrag und Auftreten von Schaderregern im ökologischen Kartoffelbau.....	43
H.-J. KOCH, C. PRINGAS, J. SCHERER: Wechselwirkung der Bodenbearbeitung mit den Faktoren Vorfrucht, Sorte und Fungizideinsatz auf die Deoxynivalenol-Konzentration im Korn von Winterweizen.	45
D. KAUTER, CONSTANZE HAHNFELD, W. CLAUPEIN: Potentiale und agronomische Probleme von Energiemaisfruchtfolgen.	47

Symposium 2: „Ressourcenschutz“

Kurzvorträge

B. KÜSTERMANN, J. ABRAHAM, O. CHRISTEN, K.-J. HÜLSBERGEN, W. NEHRING: Stoff- und Energieflüsse in einem Marktfruchtbetrieb der Magdeburger Börde	49
BRITTA JOST, K. SCHMIDTKE, R. RAUBER: Einfluss von Standort, Jahr und Sorte auf die symbiotische Stickstoff-Fixierleistung und den N-Flächenbilanzsaldo beim Anbau der Körnererbse (<i>Pisum sativum</i> L.)	51
J. RÜCKNAGEL, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Bewertung der Druckbelastung an ackerbaulich genutzten Böden aus Rheinland-Pfalz.....	53
J. HOFFMANN, L. RADICS, M. GLEMMNITZ, G. CZIMBER: Vielfalt der Segetalfloren im europäischen Klimagradient bei unterschiedlicher Bewirtschaftung der Ackerflächen	55
F. REINICKE, K.-J. HÜLSBERGEN, O. CHRISTEN: Leistung und Umweltwirkung von Winterweizen in komplexen Produktionssystemen des integrierten und ökologischen Landbaus unter den Bedingungen des mitteldeutschen Trocken-Lößgebietes	57

Posterbeiträge

M. KOHL, H. KAGE: Einfluss variabler Durchwurzelungsintensität auf Wasser- und Nährstoffaufnahme des Wurzelsystems.....	59
S. DEIKE, B. PALLUTT, O. CHRISTEN: Auswirkungen einer Low-Input-Strategie im Pflanzenschutz auf Erträge und N-Verwertung.	61
ANTJE HERRMANN, K. C. KERSEBAUM, M. WACHENDORF, F. TAUBE: Evaluierung des Stickstoffhaushaltsmodells HERMES zur Simulation der Silomaisproduktion in Norddeutschland.....	63
R. JUNG, K. SCHMIDTKE, R. RAUBER: Gesamtpflanzliche N ₂ -Fixierleistung und N-Flächenbilanzsaldo beim Anbau von Luzerne, Rotklee und Persischem Klee.....	65

R. FARTHOFFER, J. K. FRIEDEL, GABRIELE PIETSCH, B. FREYER: Stickstoff-Auswaschungsverluste und Nachfruchteffekte von Luzerne (Schnitt- und Grünbrachenutzung) auf Getreide-Nachfrüchte im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen in Ostösterreich.	67
ANNETTE HÄBERLE, CAROLA PEKRUN, W. CLAUPEIN, C. PRADE, C. THIERFELDER, K. STAHR: Untersuchungen zu den Auswirkungen im ersten und zweiten Folgejahr nach einer einmalig variierten Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung, Verunkrautung und Nitrat auswaschung unter ökologischen Produktionsbedingungen. ...	69
GISA-WILHELMINE RATHKE, S. FREYDANK, W. DIEPENBROCK: Biomasseakkumulation von Miscanthus	71
S. FREYDANK, GISA-WILHELMINE RATHKE, W. DIEPENBROCK: Biomasseakkumulation durch schnellwachsende Bäume	73
D. KUTZNER, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Einfluss langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf physikalische Bodeneigenschaften und Erträge	75
M. FÖLSCH, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Auswirkungen langjähriger konservierender Bodenbearbeitung auf Bodengefüge und Maisertrag.....	77
S. ULRICH, B. BENKSTEIN, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Auswirkungen langjährig differenzierter mineralisch-organischer Düngung auf die physikalischen Bodeneigenschaften.	79
S. ULRICH, SABINE TISCHER, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Auswirkungen langjährig differenzierter mineralisch-organischer Düngung auf die biologischen Bodeneigenschaften.	81
M. STERZENBACH, W. OPITZ VON BOBERFELD: Effekte langjährig differenzierter N-, P- und K-Gaben auf Grundnährstoffgehalte im Boden verschiedener Mähweiden.	83
J. OERLEMANS, W. OPITZ VON BOBERFELD: Langjährig differenzierte N-, P-, K-Gaben und ihr Effekt auf die Artenvielfalt von Mähweiden.	85

Symposium 3: „Klimawandel und Pflanzenbau“

Kurzvorträge

F.-M. CHMIELEWSKI: Erste Anzeichen des Klimawandels in der Landwirtschaft	87
DORITH BLOCH, CHRISTA HOFFMANN: Wachstum von Zuckerrüben in Abhängigkeit von Genotyp und Wasserversorgung.....	89
S. SCHUBERT, FATHI ABD-EL-MOTAGALLY, D. STEFFENS: Dürre- und Hitzestress: Einfluss auf Wachstum und Ertrag von zwei Zuckerrübensorten auf verschiedenen Standorten Norddeutschlands	91
H. KNITTEL, G. PASDA, T. MANNHEIM: Strategien beim Einsatz von stabilisierten Stickstoffdüngern zu Winterweizen unter dem Aspekt der Fröhsommertrockenheit.	93
S. BURKART, R. MANDERSCHIED, H.J.WEIGEL: Steigende CO ₂ -Konzentrationen in der Atmosphäre: Rückkoppelungen mit dem Wasserhaushalt von Pflanzenbeständen	95

R. MANDERSCHIED, CATHLEEN FRÜHAUF, A. PACHOLSKY, H.-J. WEIGEL: Wirkung von Freiland-CO ₂ -Anreicherung (FACE) in Kombination mit unterschiedlicher Stickstoffversorgung auf die Ertragskomponenten und das Kornwachstum von Wintergetreide.....	97
ANTJE HERRMANN, A. KORNER, F. TAUBE: Ertragsentwicklung von Silomais und Deutschem Weidelgras - Zuchtfortschritt oder Klimawandel ?	99

Beiträge in den Arbeitsgemeinschaften

AG Agrar- und Produktionsökologie

Kurzvorträge

D. BASIGKOW, F. ELLMER: Optimale N-Versorgung von Zuckerrüben auf verschiedenen Standorten Norddeutschlands.	101
A. DEUKER, K. MÖLLER, G. LEITHOLD: Pflanzenbauliche Systemwirkungen der Vergärung von Gülle und pflanzlichen Koppelprodukten in einem Betriebssystem der ökologischen Landwirtschaft mit Viehhaltung	103
K. MÖLLER, K. SCHAUSS, A. DEUKER, P.-W. STINNER, S. RATERING, S. SCHNELL: Auswirkungen der Vergärung von Gülle und Koppelprodukten auf die Ammoniakemissionen nach Ausbringung sowie auf die Aufnahme und Emission von klimarelevanten Spurengasen durch den Boden.....	105
E. STICKSEL, C. GASTL, J. DENNERT: Einfluss der Stickstoffform auf die N-Verwertung durch Weizen	107
P.-W. STINNER, K. MÖLLER, G. LEITHOLD: Pflanzenbauliche Systemwirkungen der Vergärung von Klee gras und pflanzlichen Koppelprodukten in einem Betriebssystem der ökologischen Landwirtschaft ohne Viehhaltung.....	109
OLGA TOMANOVÁ, H.-J. KOCH: Einfluss langjährig reduzierter Bodenbearbeitung auf die Nährstoffversorgung und das Wachstum von Zuckerrüben	111
M. BÜCHTER, M. LEMMENS, V. SHALA-MAYRHOFER, H. P. KAUL: Vorkommen von <i>Fusarium</i> spp. in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung, Bewässerung und Vorfrucht bei Körnermais	113
P. JUROSZEK, S. DREWS, D. NEUHOFF, U. KÖPKE: Einfluß verschiedener Umweltbedingungen auf die Wirksamkeit der Nachtbodenbearbeitung gegen Unkräuter	115
P. LIEBHARD, H. WAGENTRISTL, G. BODNER, J. GLAUNINGER, H-P. KAUL: Einfluss unterschiedlicher Bodennutzungssysteme auf den Bodenwasserhaushalt und das Ertragsverhalten im semiariden Produktionsgebiet Österreichs.....	117
D. NEUHOFF, U. KÖPKE: Ausgewählte Ergebnisse aus dem europäischen Forschungsprojekt WECOF (Strategies of Weed Control in Organic Farming).....	119
H. SCHMIDT, G. LEITHOLD: Fruchtfolgesysteme im Ökolandbau mit und ohne Tierhaltung Erträge und N-Haushalt	121
D. WOLFF, G. EINHORN: Untersuchungen zur mechanischen Unkrautregulierung im ökologischen Zuckerrübenanbau	123

J.-P. BARESEL, H.-J. REENTS, W. SCHENKEL: Screening einjähriger Leguminosenarten für Lebendmulchsysteme	125
F. ELLMER, T. KAUTZ: Ergebnisse aus langjährigen Untersuchungen zur bodenbiologischen Aktivität auf sandigen Böden	127
M. GAUDCHAU, TH. LUTHARDT-BEHLE, B. HONERMEIER: Feldversuche zur Kennzeichnung der Biomasseerträge verschiedener Maissorten	129
G. HELM, U. STEFFIN: Untersuchungen zu Ertragsbildung, Ertrag und Saatgutqualität von Öllein (<i>Linum usitatissimum</i> L.) auf sandigen Böden Nordostdeutschlands ...	131
C. REINBRECHT, J. BÖHNHARDT, A. BÜCHSE, W. FRIEDT, R. FUNK, W. GERHARDT, V. HAHN, K. HANSMANN, O. HÜBNER, K. KLEY, M. KLOTZ, W. W. LUEHS, H.-P. PIEPHO, H. W. SCHERF, E. SCHMIDT, M. SCHNIEDER, R. VETTER, R. VÖGEL, W. VOGT-KAUTE, P. WECKHERLIN, K. P. WILBOIS, W. CLAUPEIN: Vergleich der Anbaueignung verschiedener Ölpflanzenarten für den Ökologischen Landbau	133
Posterbeiträge	
H. BÖHM, A. BILAU: Ertragsleistung und Futterqualität der Schmalblättrigen Süßlupine (<i>L. angustifolius</i>) in Reinsaat und im Gemengeanbau	135
E.Y. ELFADL, C. REINBRECHT, W. CLAUPEIN: Suitability of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L) for Cultivation as an Oil crop under Conditions of Organic and Low-Input Farming Systems in Central Europe	137
H.-P. KÖNIG, H.-J. KOCH: Wirkung von Grundbodenbearbeitungs- und Aussattermin auf die Verunkrautung im ökologischen Zuckerrübenanbau	139
TANJA KRAUSE, T. HAASE, H. BÖHM, J. HEß, R. LOGES, N. U. HAASE: Einfluss von Standort und Sorte auf Ertrag, Sortierung und Qualität von ökologisch erzeugten Kartoffeln für die Verarbeitung zu Pommes frites	141
H. NEUMANN, R. LOGES, F. TAUBE: „Bicropping“ von Getreide und Weißklee - ein alternatives Produktionsverfahren im ökologischen Landbau	143
GABRIELE PIETSCH, B. FREYER: Ökologischer Anbau von Körner- und Grünfüttererbsen im Trockengebiet Österreichs – Ertragsleistung und Vorfruchtwirkung	145
GABRIELE PIETSCH, C. GABLER, H. WAGENTRISTL, B. FREYER: Ertragsentwicklung von Erbsen sowie Sommergerste in Reinsaat und in Mischung mit Leindotter oder Koriander im Ökologischen Landbau	147
J. RAUPP, ANNE NIEHUS, MEIKE OLTMANN: Die Diversität der Boden-Mikroflora ist bei Rottemistdüngung höher als bei Mineraldüngung	149
J. RAUPP, MEIKE OLTMANN, J. HEINLEIN: Verwendung von Halbleiter-Sensorarrays (“elektronischen Nasen”) in Verbindung mit analytischen Daten bei der deskriptiven Untersuchung der Stallmistrotte	151
G. SAUERBECK: Amaranth: Ergebnisse von Anbauversuchen in Norddeutschland in den Jahren 2001- 2003	153
A. SURBÖCK, M. GOLLNER, M. HEINZINGER, J. K. FRIEDEL, B. FREYER: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme im Ökologischen Landbau auf Bodenparameter und Entwicklung der Pflanzen	155

R. AIGELTINGER, F. ELLMER: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus der Biogaserzeugung mit Monosubstrat Kartoffeln	157
J. DIECKMANN, H. MILLER, H.-J. KOCH: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf die Erosionsanfälligkeit bei Starkregen	159
M. KAINZ: Auswirkung langjähriger reduzierter Bodenbearbeitung auf die C- und N-Vorräte von Böden*	
MEIKE OLTMANN, MARIA MÜLLER-LINDENLAUF, J. RAUPP: Konsequenzen der Mistaufbereitung für die Emission klimarelevanter Gase	161
CAROLA PEKRUN, W. CLAUPEIN: Wird durch Stoppelbearbeitung die unproduktive Verdunstung gesenkt?	163
M. TRITTEL, G. SCHLINKER, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Bodenphysikalische Eigenschaften und Erträge bei Frühjahrsdammformung zu Zuckerrüben	165
G. VERCH, K. WERNER, MARINA MÜLLER: Effekte einer Minimalbodenbearbeitung auf Ertrag, Wasserhaushalt und Mykotoxinbelastung unter den Bedingungen des kontinental geprägten Klimas in Nordost-Brandenburg	167
W. WINKELMANN, T. KAUTZ, F. ELLMER: Fraktionen der partikulären organischen Substanz des Bodens (POS) und ihre Beziehungen zur bodenmikrobiologischen Aktivität	169
B. BENKSTEIN, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Rübenkörperqualität und Erträge bei langjährig differenzierter mineralisch-organischer Düngung	171
B. LIMBRUNNER, F.-X. MAIDL: <i>Rhizoctonia solani</i> -Befalls- Verlustrelationen verschiedener Zuckerrübensorten	173
ELISABETH OLDENBURG, A. BRAMM: Einfluss der Stickstoffdüngung auf Fusarientoxingehalte in Winterweizen	175
K. ORLOVIUS: Einfluss unterschiedlicher Kalium-Düngung auf die Qualität von Braugerste	177
B. RYCHCIK, J. TYBURSKI, J. ADAMIAK: Reaktion der Kartoffel auf Monokulturanbau unter Bedingungen des differenzierten Pflanzenschutzes	179
A. SCHMID, F.-X. MAIDL: Einsatz eines zerstörungsfreien Meßverfahrens zur Bonitur von Biomasse und Stickstoffaufnahme bei Getreide	181
F. SIMIONIUC, B. HONERMEIER: Untersuchungen zur Wirkung von Fungiziden auf die Backqualität von Weizen (<i>Triticum aestivum</i>)	183
A. WEBER, SIMONE GRAEFF, W. HERMANN, W. CLAUPEIN: Einfluss produktionstechnischer Maßnahmen bei Getreide zur Reduktion von Acrylamidvorstufen im Korngut.	185
S. WICHMANN, R. LOGES, F. TAUBE: Methodische Aspekte zur Bestimmung der N ₂ -Fixierungsleistung von Körnerleguminosen in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide	187

AG Ertragsphysiologie und Wachstumsmodelle

Kurzvorträge

- W. GANS, F. HERBST, W. MERBACH: Prüfung der Wirkung von Ureaseinhibitoren in Kombination mit Harnstoff-Düngung zu Hafer am Beispiel eines Gefäßversuches..... 189
- H. KNITTEL: Auswirkungen der intraspezifischen Konkurrenz im Pflanzenbestand. Ein Modellansatz für die Ertragsbildung..... 191
- C. FELGENTREU: Einfluss des Injektionsdüngerverfahren (Cultanverfahren) auf den Ertrag und die Qualität von Winterraps in Brandenburg..... 193
- SABINE WÖLFEL, M. FARACK: Einfluss der frühen Krautminderung auf Qualität und Ertrag ausgewählter Kartoffelsorten..... 195

Posterbeiträge

- J. ADAMIAK, A. STĘPIEŃ, T. P. KUROWSKI: Einfluss der Düngungsmethoden auf die Entwicklung von Sommerweizenkrankheiten..... 197
- J. ADAMIAK, A. STĘPIEŃ: Einfluss der Düngungsmethoden auf die Entwicklung von Wintergerstkrankheiten..... 199
- G. BODNER, M. BÜCHTER, H.-P. KAUL: Vergleich unterschiedlicher Pedotransferfunktionen zur Modellierung des Wasserhaushalts unter einer Zwischenfrucht Begrünung..... 201
- B. DILCI, G. RÜHL, V. HAHN, B. BISKUPEK-KORELL, C. R. MOSCHNER: Ertrags- und Qualitätssicherung von High-Oleic-(HO) Sonnenblumen..... 203
- D. M. GIMPLINGER, GUNDA SCHULTE AUF´M ERLEY, H.-P. KAUL: Ertragsbildung von Körneramarant in Abhängigkeit von der Bestandesdichte..... 205
- ANTJE HERRMANN, A. KORNER, F. HÖPPNER, J. M. GREEF, J. RATH, F. TAUBE: Entwicklung eines Tools zur regionalen Erntezeitprognose von Silomais – ein Modellvergleich..... 207
- T. JOHNEN, U. BÖTTCHER, H. KAGE: Anpassung und Bewertung eines auf CERES-WHEAT basierenden ontogenetischen Modellmoduls für Mitteleuropa..... 209

AG Grünland und Futterbau

Kurzvorträge

- KATJA BANZHAF, W. OPITZ V. BOBERFELD: Zum Einfluss pflanzenbaulicher Maßnahmen auf die Mineralstoff-Konzentration von Winterweidefutter unter dem Aspekt Weidetetanie und Gebärparese..... 211
- HEIKE HAHN, U. HESSE, W. DIEPENBROCK: Einfluss endophytischer Pilze auf Ertragsmerkmale beim Deutschen Weidelgras (*Lolium perenne* L.)..... 213
- J. MÜLLER: Möglichkeiten der Erhöhung des Futterwertes von Kulturgräsern..... 215
- G. PAHLOW, S. MARTENS, J. M. GREEF: Aerobe Stabilität von Silagen aus zuckerreichen Gräsern (EU-Projekt 'SweetGrass')..... 217

GABRIELE PIETSCH, J. K. FRIEDEL, B. FREYER: Ertrag, N ₂ -Fixierungsleistung und Wassernutzungseffizienz von Futterleguminosen in einem Ökologischen Anbausystem	219
--	-----

Posterbeiträge

U.-O. BAATAR, P. LIEBHARD, BRIGITTE KLUG: Brachebegrünung und Rekultivierung von verlassenem Ackerland in Steppe zur Winterfutterproduktion in der Mongolei	221
HELENE GIBAUD, C. PAUL, J.-M. GREEF: Einsatz von einem hochauflösenden NIR-Spektrometer zur schnellen Qualitätsbeurteilung von Grassilage	223
P. KNOT, H. LASER, W. OPITZ V. BOBERFELD: Auswirkungen unterschiedlicher Saatgut-Vorbehandlungen auf die Keimfähigkeit von <i>Poa pratensis</i> -Sorten für Rasen.....	225
SANDRA KRUSE, ANTJE HERRMANN, F. TAUBE: Wasserlösliche Kohlenhydrate und Stärke als Parameter einer differenzierten Charakterisierung von Maisgenotypen.....	227
S. MARTENS, G. PAHLOW: Eine einfache Untersuchungsmethode zur mikrobiellen Dynamik des aeroben Verderbs von Silage	229
W. OPITZ V. BOBERFELD, KATJA BANZHAF: Zu den Winterweide-Eigenschaften festucoider und loloider Gattungsbastarde unter variierenden Bedingungen.....	231
G. SCHLIMBACH, W. OPITZ V. BOBERFELD: Einfluss von Tierart, Besatzdichte, Narbe und Beweidungstermin auf Bodenverdichtung von Winterweiden	233

AG Heil- und Gewürzpflanzen

Kurzvorträge

B. HONERMEIER, SIMONE SIEBENBORN: Einfluss differenzierter N-, P- und K-Düngung auf Farbstoffgehalt und Wurzelertrag von Färberkrapp (<i>Rubia tinctorum</i> L.)	235
C. MATTHES, B. HONERMEIER: Bildung pharmazeutisch relevanter Wirkstoffe in der Blattdroge der Artischocke (<i>Cynara cardunculus</i> L. subsp. <i>flavescens</i> Winkl.).....	237

Poster

PAULA MELO MARTINS, B. HONERMEIER: Wirkung unterschiedlicher Lagerungsbedingungen auf die Drogenqualität von <i>Calendula officinalis</i> L.	239
---	-----

AG Nachwachsende Rohstoffe

Kurzvorträge

KERSTIN STOLZENBURG: Vorkommen verschiedener Zucker und Inulin in Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) im Verlauf der Vegetation sowie daraus resultierende Nutzungsmöglichkeiten im Nahrungs- und Rohstoffbereich.....	241
J. DEBRUCK, ISOLDE REICHARDT: Sudangras - ein Neuling unter den nachwachsenden Rohstoffen.....	243
P.-W. STINNER, A. DEUKER, K. MÖLLER, G. LEITHOLD: Biogaspotential aus Koppelprodukten des ökologischen Marktfruchtbaues.....	245

Posterbeiträge

- P. LIEBHARD, KARIN WRIESSNIG, TATJANA GOMISCEK: Einfluss unterschiedlicher Kultursubstrate auf Sickerwassermenge und gelöste Stoffe bei der Schließung von Deponien (Großgefäßversuch)247
- C. LINNES, NICOL STOCKFISCH: Möglichkeiten zur Deckung des Energiebedarfs einer Zuckerfabrik aus nachwachsenden Rohstoffen249
- C. R. MOSCHNER, BETTINA BISKUPEK-KORELL: Abschätzung des Gehaltes wertgebender Inhaltsstoffe von Sonnenblumensaat – Untersuchung gemahlener und intakter Achänen mit der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS).....251
- U. SCHULZ, V. NAUMENKO, E. GRIMM, W. DIEPENBROCK: Regeneration von Hanf (*Cannabis sativa* L.) nach Hagelschlag.....253

AG Precision Farming

Kurzvorträge

- M. BLOMBERG, CHRISTA HOFFMANN: Nutzung optischer Fernerkundungsmethoden zur Bestimmung des Blattflächenindex von Zuckerrüben.....255
- SIMONE GRAEFF, JOHANNA LINK, W. CLAUPEIN: Modellierung teilflächenspezifischer Ertragsvariabilität in Mais am Beispiel des Schlags "Hoher Markstein".257
- CLAUDIA IDELBERGER, E. STICKSEL: Zusammenhang zwischen sonnenlicht-induzierter Chlorophyll-Fluoreszenz und der Effizienz der CO₂-Fixierung in Nutzpflanzenbeständen259
- A. LINK, S. REUSCH, J. JASPER: Zur Eignung unterschiedlicher Pflanzenparameter für die Ermittlung des teilflächenspezifischen Stickstoffdüngedarfs261
- JOHANNA LINK, SIMONE GRAEFF, W. CLAUPEIN: Stabilität teilflächenspezifischer Ertragsvariabilität im Oberrheingraben.....263
- C. PAUL, C. PFITZNER: Entwicklung und Einsatz mathematischer Filter im Rahmen kontinuierlicher NIR-Messungen auf Erntemaschinen.*

Posterbeiträge

- SABINE AULICH, H. NORDMEYER: Chlorophyllfluoreszenzbildanalyse zur Differenzierung von Unkrautarten265
- U. BÖTTCHER, H. KAGE: Verwendung von Sensorinformationen über Trockenstress zur Abschätzung teilflächenspezifischer Ertragspotenziale von Winterweizen267
- SIMONE GRAEFF, C. HORN, W. CLAUPEIN: Auswirkung unterschiedlicher N-Dünger auf die Reflexion von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.).....269
- SIMONE GRAEFF, MARTINA KOHLER, W. CLAUPEIN: Integration moderner Informations- und Analysensysteme des Precision Farming in das Feldversuchswesen.271
- SIMONE GRAEFF, S. TURMES, W. CLAUPEIN: Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes bei Silomais in Abhängigkeit des TS-Gehaltes mittels Luftbildern.273
- KERSTIN GRÖLL, SIMONE GRAEFF, W. CLAUPEIN: Einsatz eines Pflanzenwachstumsmodells zur Bestimmung des Silomaisertrages in Landessortenversuchen.....275

H. HÜWING, U. BÖTTCHER, H. KAGE: Teilflächenspezifische Charakterisierung der Bestandesdynamik von Winterweizen durch reflexionsoptische Messungen.....	277
K. MÜLLER, A. DEECKE, U. BÖTTCHER, H. KAGE: Validierung verschiedener reflektionsoptischer Messmethoden für die Erfassung teilflächenspezifischer Bestandesparameter im Winterraps.....	279
H. NORDMEYER: Teilflächenunkrautbekämpfung im Ackerbau	281
P. REIDELSTÜRZ, R. VETTER: Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung im Mais in einer kleinstrukturierten Region	283
J. SCHÄCHTL, F.-X. MAIDL: Kalibration von reflexionsoptischen Sensordaten zur Bonitur von Aufwuchs und Stickstoffaufnahme bei Weizenbeständen.....	285

AG Saatgut- und Sortenwesen

Kurzvorträge

SABINE GRUBER, CAROLA PEKRUN, W. CLAUPEIN: Sortenunterschiede bei der Überdauerung von Rapssamen	287
ARIANE OSSENKOP, E. LADEWIG: Erfassung der Resistenz/Toleranz gegenüber Blattkrankheiten im Sortenprüfsystem bei Zuckerrüben.....	289

Poster

A. FÖRTSCH, KARIN FÖRSTER, W. DIEPENBROCK: In vitro Kontrolle von <i>Stagonospora nodorum</i> (Berk.) Castellani & E. G. Germano durch stabilisierte Waidextrakte	291
KATHARINA KUHN, KARIN FÖRSTER, W. DIEPENBROCK: Kontrolle samenbürtiger Pathogene des Getreides durch Pflanzenextrakte.....	293
J. POETSCH, D. KAUTER, W. CLAUPEIN: Saatgutbefall von <i>Lupinus</i> sp. mit <i>Colletotrichum lupini</i> : Befallsermittlung und nicht-chemische Bekämpfung.....	295

AG Tropischer Pflanzenbau

Kurzvorträge

R. HONARNEJAD: Schätzung der genetischen Parameter bei Reis (<i>Oryza sativa</i> L.) mit Diallelkreuzungsmethoden	297
--	-----

Workshop „Ammoniumdepot-Düngung“

F. HÖPPNER: Ammonium-Injektionsdüngung bei Silomais	299
M. KÜCKE, G. RÜHL, A. BRAMM, F. HÖPPNER, UTE MENGE-HARTMANN, S. SCHITTENHELM, J. M. GREEF: Workshop "Ammoniumdepot-Düngung"	301
UTE MENGE-HARTMANN, S. SCHITTENHELM: Gefäßversuche zur Ammonium-Injektionsdüngung	303

Autorenverzeichnis305

* Beitrag lag bei Redaktionsschluß nicht vor

Produktionspotenziale im Pflanzenbau

Henning Kage*

Wesentliche Ziele des Pflanzenbaus sind die nachhaltige Sicherung der Versorgung mit Nahrungsmitteln in ausreichender Menge und Qualität und eine möglichst hohe Effizienz der eingebrachten Produktionsfaktoren. Ein wichtiger Schritt zur Erreichung dieser Ziele ist die wissenschaftliche fundierte Quantifizierung von Produktionspotenzialen. Diese These mag anhand folgender Fragen verdeutlicht werden:

- Sind Produktionspotenziale von Genotypen, Standorten, bzw. Produktionssystemen bereits jetzt bzw. in naher Zukunft erreicht?
- Führen bestimmte Produktionssysteme zu einer dauerhaften Verringerung der Produktionspotenziale?
- Welchen Einfluss haben zukünftige Klimaveränderungen auf die Produktionspotenziale im Pflanzenbau?
- Wie muss die Produktionsintensität und das Produktionssystem an Höhe, Trend und Variabilität der Ertragspotenziale angepasst werden?
- Welche Möglichkeiten haben wir, Ertragspotenziale abzuschätzen und diese in der Steuerung der Produktionsprozesse zu nutzen?
- Welche neuen/zusätzlichen Möglichkeiten eröffnen hierbei Pflanzenwachstumsmodelle und Sensortechnik bzw. Fernerkundung?

Eine umfassende Behandlung dieser Fragen bzw. des Themas Produktionspotenziale im Pflanzenbau ist im Rahmen dieses Beitrages nicht möglich. Im folgenden soll auf die Frage der Definition des Begriffs Produktionspotenzial sowie auf die Frage einer Optimierung der Produktionstechnik unter Berücksichtigung der standorttypischen und teilflächenspezifischen Produktionspotenziale eingegangen werden.

Der Begriff Produktionspotenzial umfasst genetische bzw. ertragsphysiologische als auch Umweltfaktoren und muss daher standorttypisch definiert werden. Ein stark vereinfachendes, jedoch trotzdem nützliches Konzept, leitet den Ertrag eines Pflanzenbestandes aus folgender Beziehung ab:

$$Y = HI \cdot \int \varepsilon \left(T, \frac{T_{act}}{T_{pot}}, [N] \right) \cdot Q(t) \cdot f(t) dt, \quad (1)$$

wobei Y den Ertrag, HI den sogenannten Harvest-Index, d.h. das Verhältnis von Trockenmasse der Ernteprodukte zur Gesamttrockenmasse der Pflanzen, ε die Umwandlungseffizienz aufgenommener Strahlung in Pflanzentrockenmasse, T die Temperatur, T_{act}/T_{pot} das Verhältnis aktueller zu potentieller Transpiration, [N] die N-Konzentration in den Blättern, Q die Strahlungsintensität, f(t) die anteilige Strahlungsaufnahme durch den Bestand beschreibt. Die in Gleichung 1 enthaltenen Faktoren erlauben eine detailliertere Analyse des Produktionspotenzials eines Genotyps bzw. Standortes.

Die großen Fortschritte in Produktionstechnik und Pflanzenzüchtung in den letzten 50 Jahren haben in nahezu allen Kulturen mit Anbaubedeutung zu einem über lange Zeit linearen Ertragsanstieg geführt. Je nach Intensität der züchterischen Bearbeitung liegen diese Ertragssteigerungen für die Getreidearten in der Bundesrepublik Deutschland im Bereich von 0,5 und 1,2 dt/ha und Jahr (Abbildung 1). Die der Züchtung zuzuschreibenden Fortschritte beruhen zu großen Teilen auf Steigerungen des Harvest-Index. Es liegt jedoch auf der Hand, dass dieses Merkmal nur begrenzt zu

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

steigern ist und eine Annäherung an diese Grenze für einige Kulturen in naher Zukunft nicht auszuschließen ist (Sheehy, 2000). Eine größere Aufmerksamkeit muss daher den anderen, in Gleichung (1) enthaltenen Merkmalen geschenkt werden. Merkmale wie „stay green“ und „early vigour“ können die Zeitdauer der photosynthetisch wirksamen Strahlungsaufnahme verlängern (Faktor f in Gl. 1). Eine erektophile Blattstellung insbesondere bei hohen Werten des Blattflächenindex kann zu einer Erhöhung der Lichtnutzungseffizienz ε beitragen. Züchterische Verbesserungen in der Physiologie der Photosynthese mit positiven Wirkungen auf die Bestandesphotosynthese sind bisher gering geblieben. Direkte, gentechnische Manipulationen könnten jedoch in Zukunft möglich sein (Zhu et al., 2004). Bei einer weiteren Steigerung des genetischen Ertragspotenzials wird jedoch die Bedeutung von Umweltfaktoren, hier insbesondere Trocken- und Hitzestress als begrenzende Faktoren zunehmen (Araus et al., 2002). Dies gilt für weniger günstige Standortbedingungen bereits heute (Abbildung 1). Ein optimiertes Management von Pflanzenbeständen mit dem Ziel hoher Produktivität und hoher Ressourcennutzungseffizienz erfordert die gezielte Ergänzung natürlicher Wachstumsfaktoren unter Beachtung der natürlichen Produktionspotenziale des Standortes (Abbildung 2). Die Verfügbarkeit natürlicher Wachstumsfaktoren variiert jedoch sowohl in zeitlicher als auch in räumlicher Hinsicht. Die Schwankungen der Jahreswitterungen scheinen zuzunehmen und das Ausmaß der Variabilität der Standortbedingungen auf Skalenebenen, die deutlich kleiner sind als die traditionell homogen bewirtschaftete Schlägebene, wird immer deutlicher.

In den letzten Jahren sind die technischen Grundlagen für ein teilflächenspezifisches Management von Pflanzenbeständen bis zur Praxisreife entwickelt worden. Es ist bereits heute bzw. in naher Zukunft möglich, auf einer Skalenebene von wenigen Metern Bodenbearbeitung, Saatstärke, Saattiefe, Mengen organischer und mineralischer Düngemittel und Pflanzenschutz aufwandmengen mit hoher Genauigkeit zu variieren und so auf wechselnde Standortbedingungen zu reagieren. Von den genannten teilflächenspezifisch differenzierbaren pflanzenbaulichen Maßnahmen kommt der Stickstoffdüngung hierbei besondere Bedeutung zu, da zumindest kurzfristig die Ertragsbildung von Pflanzenbeständen hierauf am stärksten reagiert und gleichzeitig negative Effekte einer überhöhten Stickstoffdüngung im Zentrum der Diskussion um Umweltwirkung und Nachhaltigkeit der pflanzlichen Produktion stehen.

Bestehende Konzepte zur teilflächenspezifischen N-Düngung lassen sich im wesentlichen in Konzepte gliedern, die auf der Charakterisierung von Ertrags- bzw. Managementzonen innerhalb von Schlägen beruhen, bzw. die N-Düngung aufgrund von aktuell bei der Ausbringung gemessenen Sensorsignalen abhängig machen.

Ein Kernproblem des Konzeptes der Managementzonen besteht darin, dass häufig nur eine sehr schlechte räumlich-zeitliche Stabilität von Hoch- und Niedrigertragsflächen besteht. Dies gilt insbesondere dann, wenn aufgrund wechselnder Witterung in verschiedenen Jahren die Verfügbarkeit unterschiedlicher Wachstumsfaktoren ertragsbegrenzend wirkt, d.h. die Variation der Produktionspotenziale nicht nur eine räumliche sondern auch eine zeitliche Komponente aufweist.

Die zweite, zur Zeit in der Praxis benutzte Methode zur teilflächenspezifischen N-Düngung besteht in der Nutzung von Reflektionscharakteristiken von Pflanzenbeständen zur Düngungsbemessung. Hieraus lassen sich Informationen über die aktuelle N-Versorgung und die aktuelle Biomasse gewinnen (Blackmer et al., 1994), die seit längerer Zeit in der satelliten- bzw. flugzeuggestützten Fernerkundung genutzt werden. In der Praxis eingesetzt werden seit einiger Zeit auch

schleppergestützte Systeme, die in „Echtzeit“ die Stickstoffdüngung von Getreidebeständen steuern (Reusch, 1997, Scharf et al., 2002). Mit diesen Verfahren kann es tendenziell zu einer Überdüngung von Schlagregionen mit geringem Ertragspotenzial kommen, z. B. wenn Wasserverfügbarkeit ein ertragsbegrenzender Faktor ist (Geesing et al., 2001). Rein sensorbasierte Systeme sind prinzipiell nicht in der Lage, Informationen aus der Vergangenheit, z. B. aus historischen Ertragskarten, mit in die Bemessung der teilflächenspezifischen Düngung einzubeziehen.

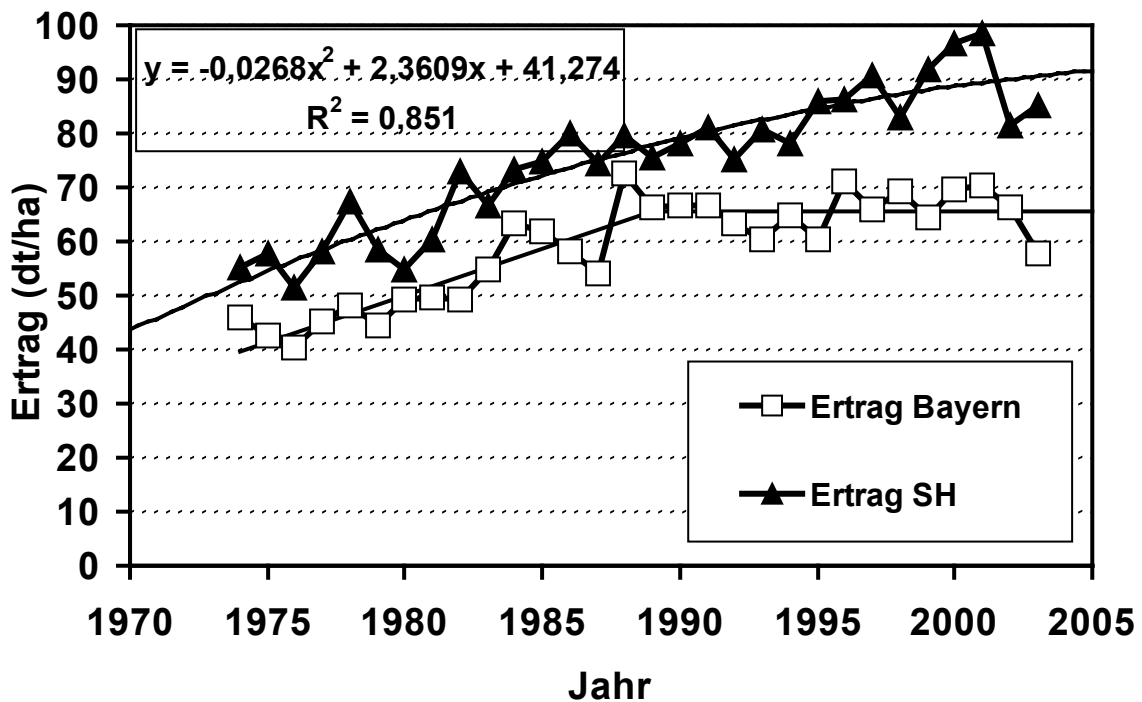


Abb. 1: Winterweizenerträge nach Daten der amtlichen Erntestatistik für Bayern und Schleswig-Holstein

Dynamische Pflanzenwachstumsmodelle haben mit hoher Wahrscheinlichkeit das Potenzial, einen wesentlichen Beitrag zur Lösung des oben charakterisierten Problems beizutragen. Sie integrieren das vorhandene Systemwissen und sollten daher vergleichsweise am besten in der Lage sein, teilflächenspezifisch und zeitlich variierende Produktionspotenziale zu schätzen und damit einen wesentlichen Beitrag zur Bemessung der Stickstoffdüngung zu liefern.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen lassen sich als wesentliche, zu lösende Probleme in diesem Arbeitsgebiet die teilflächenspezifische Parametrisierung und Initialisierung solcher Modelle sowie die Verbesserung der Prognosegenauigkeit identifizieren (Sadler et al., 2002). Einen wichtigen Beitrag zur Lösung dieser Probleme kann die Integration von sensorgenerierten Informationen in Pflanzenwachstumsmodelle leisten. Solche Informationen können an verschiedenen Stellen in die Modelle einfließen:

- Zur Generierung von Startwerten
- Zur kontinuierlichen Eingabe einer Variablen aus (interpolierten) Sensordaten
- Zur Korrektur von Zustandsvariablen während der Simulation
- Zur Parameterschätzung

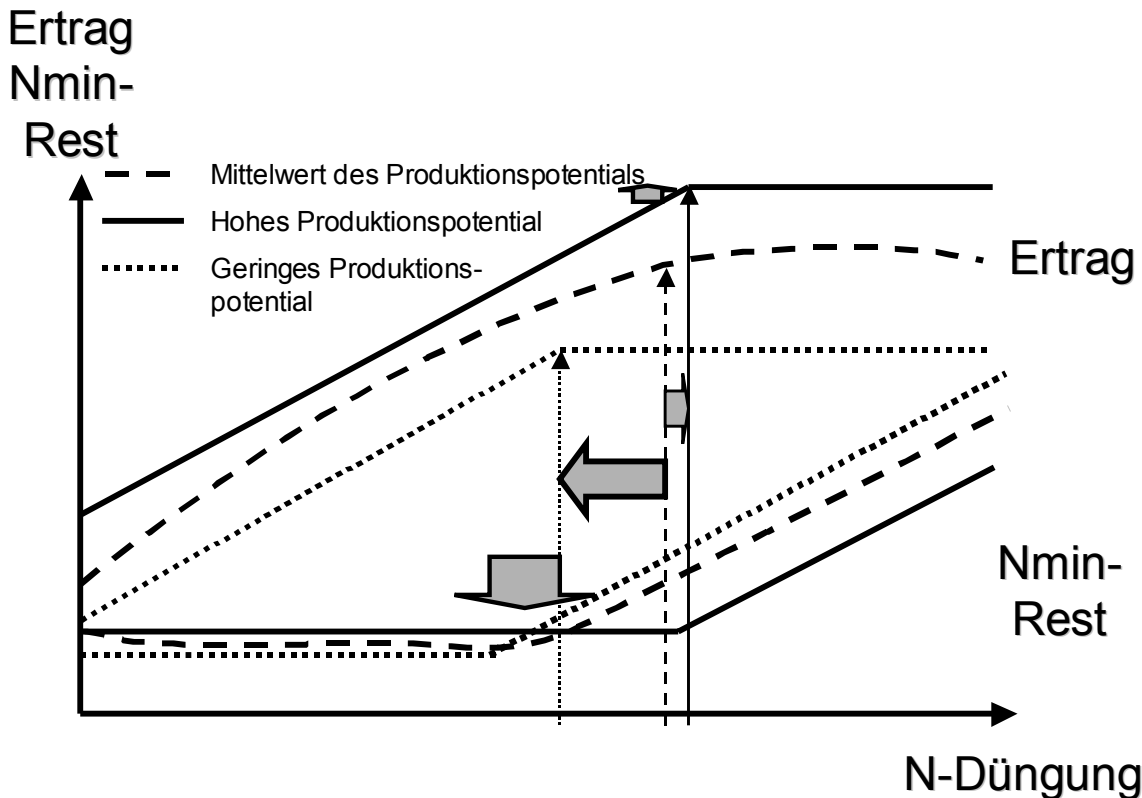


Abb. 2: Schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen Ertrag und Nmin-Rest zur Ernte bei hohem bzw. niedrigem Produktionspotenzial (Jahr, Standort) und bei Zugrundelegung des Mittelwertes des Produktionspotenzials

Die Generierung von Startwerten aus Sensordaten betrifft sowohl Bodenparameter als auch Bestandesparameter. Bodeninformationen aus Kartierungen reichen häufig allein nicht aus, um eine genügende Auflösung von Bodenparametern wie z. B. der Feldkapazität von Böden zu erreichen. Heterogenitäten in der Bestandesetablierung können z. B. durch Schätzungen des Blattflächenindexes berücksichtigt werden.

Zeitlich hoch aufgelöste und zeitnah verfügbare Messungen können direkt Teile eines Simulationsmodells ersetzen und so die Modellprognose verbessern (Barnes et al., 1997, Guérif et al., 2003). Im Falle geringerer zeitlicher Auflösung können Messungen bei Bedarf genutzt werden, um Modellgrößen zu korrigieren, d. h. simulierte durch gemessene Werte zu ersetzen.

Sensorgenerierte Informationen können aber auch genutzt werden, um Parameter von Pflanzenwachstums- bzw. Agrarökosystemmodellen zu adjustieren (Batchelor et al., 1998, Booltink et al., 2001, Guérif et al., 2003). Dies kann notwendig sein, wenn direkte Messungen von Modellparametern zu aufwendig sind oder zu vermuten ist, dass modellinterne, empirische Beziehungen für den konkreten Anwendungsfall nicht gültig sind. In diesem, auch als inverse Modellierung bezeichneten Verfahren, wird versucht, aus (fehlerbehafteten) Beobachtungen Modellparameterwerte zu schätzen, die die Beobachtungen (im problemabhängigen Sinne) "optimal" reproduzieren. Ein zentrales Problem dabei ist die Frage, ob die in den Daten enthaltene Information genügt, um die obige Aufgabe eindeutig zu lösen, oder welche zusätzlichen Annahmen oder Messungen nötig sind, um eine eindeutige Lösung zu erzeugen. Mehr oder weniger aufwendige numerische Verfahren erlauben heute die praktische Lösung dieser "Optimierungsprobleme". Während dieses Verfahren als methodischer

Ansatz in den letzten Jahren in vielen Wissenschaftsgebieten - unter anderem in der Bodenphysik - größere Bedeutung erlangt hat (Ines & Droogers, 2002), ist es bisher nur in begrenztem Umfang bei der Parametrisierung von Pflanzenwachstumsmodellen angewendet worden (Ahuja & Ma, 2002, Wallach et al., 2002).

Die Kombination von Sensorik, Pflanzenwachstumsmodellen und Optimierungsalgorithmen stellt einen erfolgversprechenden Ansatz dar, dem Ziel einer Prozesssteuerung in ackerbaulichen Produktionsverfahren, d. h. Soll-/Istwert-Vergleich und daraus abgeleitete Handlungsanweisungen, näher zu kommen. Hierbei spielt die Abschätzung der zeitlichen und räumlichen Variabilität der Produktionspotenziale, d.h. des Erwartungswertes des optimalen Ertrages bei bestmöglichem Management eine entscheidende Rolle. Hierdurch könnte in Zukunft eine verbesserte teilflächenspezifische Bestandesführung ermöglicht und damit eine deutliche Verbesserung in der Effizienz vieler produktionstechnischer Maßnahmen erreicht werden.

Literatur

- Ahuja L.R. & Ma L. (2002) Parameterization of Agricultural System Models: Current Approaches and Future Needs. In: *Agricultural System Models in Field Research and Technology Transfer* (eds L.R. Ahuja, L. Ma, & T.A. Howell), pp. 273-316. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Araus J.L., Slafer G.A., Reynolds M.P. & Royo C. (2002) Plant Breeding and Drought in C₃ Cereals: What Should We Breed For? *Annals of Botany*, **89**, 925-940.
- Barnes E.M., Kimball B.A., Wall G.W., La Morte R.L., Husaker D.J., Adamsen F., Leavitt S., Thomson T. & Mathius J. (1997) *Modification of CERES-Wheat to accept leaf area index as an input variable*. Paper presented at the ASAE Annual Meeting, Minneapolis, USA.
- Batchelor W.D., Paz J.O., Colvin T.S., Logsdon S.D., Kaspar T.C., Karlen D.L., Babcock B.A. & Pautsch G.R. (1998) *Model-based technique to determine variable rate nitrogen for corn*. Paper presented at the 4th Internat. Conference on Precision Agriculture, St. Paul, Minnesota, MN, USA.
- Blackmer T., Schepers J.S. & Varvel G.E. (1994) Light reflectance compared with other nitrogen stress measurements in corn leaves. *Agronomy Journal*, **86**, 934-938.
- Booltink H.W.G., Van Alphen B.J., Batchelor W.D., Paz J.O., Stoorvogel J.J. & Vargas R. (2001) Tools for optimizing management of spatially-variable fields. *Agricultural Systems*, **70**, 445-476.
- Geesing D., Gutser R. & Schmidhalter U. (2001) Importance of spatial and temporal soil water variability for nitrogen management decisions. In: *Third European Conference on Precision Agriculture* (eds G. Grener & S. Blackmore), pp. 569-664, Montpellier.
- Guérif M., Hollecker D., Beaudoin N., C. B., Houlès V., Mchet J.M., Mary B., Moulin S. & Nicoulaud B. (2003) *Site specific calibration of a crop model by assimilation of remote sensing data: a tool for diagnosis and recommendation in precision agriculture*. Paper presented at the 4. ECPA, Berlin.
- Ines A. & Droogers P. (2002) Inverse modeling to quantify irrigation system characteristics and operational management. *Irrigation and Drainage Systems*, **16**, 233-252.
- Reusch S. (1997) *Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen*. Ph.D., CAU Kiel.
- Sadler E.J., Barnes E.M., Batchelor W.D., Paz J.O. & Irmak A. (2002) Addressing spatial variability in crop model applications. In: *Agricultural System Models in Field Research and Technology Transfer* (eds L.R. Ahuja, L. Ma, & T.A. Howell), pp. 253-264. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Scharf P.C., Schmidt J.P., Kitchen N.R., Sudduth K.A., Hong S.Y., Lory J.A. & Davis J.G. (2002) Remote sensing for nitrogen management. *Journal of Soil and Water Conservation*, **57**, 518-524.
- Sheehy J.E. (2000) Will Yield Barriers Limit Future Rice Production? In: *Crop Science: Progress and Prospects* (eds J. Nösberger, H.H. Geiger, & P.C. Struik), pp. 281-305. CABI Publishing, Wallingford.
- Wallach D., Goffinet B. & Tremblay M. (2002) Parameter estimation in crop models: exploring the possibility of estimating linear combinations of parameters. *Agronomie*, **22**, 171-178.
- Zhu X.G., Portis A.R. & Long S.P. (2004) Would transformation of C₃ crop plants with foreign Rubisco increase productivity? A computational analysis extrapolating from kinetic properties to canopy photosynthesis. *Plant Cell & Environment*, **24**, 155-165

Crop diversification for sustainability: a systems approach based on production ecology and resource conservation

Martin J. Kropff and Lammert Bastiaans

Introduction

Agricultural production in Europe has increased tremendously in the second half of the 20th century, mainly as a result of intensification. The increased production per unit of land area achieved through increased levels of external inputs (fertilizers, biocides) and often accompanied by large-scale reconstructions in regions with an agricultural function has often been realized at the cost of irreversible changes in the landscape, soil degradation, loss of environmental diversity and a reduced quality of the natural resource base by pollution. To minimize these negative side-effects of intensive agricultural systems an improvement of production technologies in terms of water use efficiency, nutrient use efficiency and pest regulation with a reduced reliance on biocides is required. The complexity of the problems in agricultural systems and the need to fulfil multiple objectives in sustainable agro-ecosystems call for interdisciplinary analyses. These can only be conducted with the input from a wide variety of disciplines which are used to better define and understand the complete agronomic production system. Systems approaches have been developed to support these interdisciplinary studies and their development and use has increased strongly in the past decades (Kropff et al., 2001). In production ecology and resource conservation, systems approaches have to be used at different scales to enhance sustainability of agro-ecosystems: from field to farm to regional level.

At the field level, the optimization of resource use is a key issue to achieve the different goals with respect to food supply, income, and protection of the environment. That requires a more complete understanding of genotype × environment × management interactions to secure the selection of genotypes and management options that are optimally suited to the locally specific conditions and objectives. Systems approaches are increasingly being used to increase the efficiency of breeding efforts, to determine yield potential in different environments, to optimize water and N use at the field level and to realize adequate pest management with minimum inputs of biocides (Kropff et al., 2001).

At the farm level, the trade-offs between achieving different biophysical and socio-economic objectives need to be considered before appropriate decisions can be made. Integrated approaches for farm-level decision support have been developed that take into account both biophysical and socio-economic aspects (e.g. Rossing et al., 1997).

At the regional level, systems approaches have facilitated eco-regional studies where new tools such as GIS came available to organize and utilize huge data bases. Systems models are used for interpretation and provide an added value to such data-bases. Scaling issues play a role here and novel approaches are being developed (Teng et al., 1997).

A specific approach to enhance sustainability and to conserve natural resources is crop diversification. In current intensive large scale production systems monoculture crops are commonly grown. Crop diversification may help to enhance productivity, to

* Department of Plant Sciences, Wageningen University and Research Centre
P.O. Box 430, NL-6700 AK Wageningen, The Netherlands

improve water and nutrient use efficiency and to reduce pest, weed and disease problems (Vandermeer, 1989). This is generally referred to as functional biodiversity. In traditional low input systems such as in Africa the use of diversified cropping systems is common practice. However, less experience is available in high productive systems.

Advantages and disadvantages of diversification

Agrobiodiversity, defined as all aspects of biological diversity in agroecosystems, including species richness, ecosystem complexity and genetic variation of crops and crop associates, is a key element in farming systems that focus on “strengthening the ecological base of the plant production system”. Several functional elements of agrobiodiversity in farming systems can be distinguished:

- i) The crop and variety grown, together with the (a)biotic environment and management, determine the quality and quantity of the agricultural product; Therefore we have to understand g x e x m interactions.
- ii) The rotation in which the crops are grown; increased agrobiodiversity through a wider crop rotation reduces major soil borne pests and diseases such as potato cyst nematodes;
- iii) The crop components in the system; for example in mixed cropping systems the increased biodiversity can be functional through improved resource capture and resource use efficiency or through stimulation of natural enemies or antagonists of pests, diseases and weeds.
- iv) The spatial structure of the agroecosystem and the spatial arrangements of crops therein which may be functional in suppressing pests, diseases and weeds.

In a range of studies we focused on growing more crops in the same field. A distinction can be made between relay intercropping, where the crops are grown in the same field for only part of the season and full intercropping. In principle there are two processes that need to be distinguished: competition and facilitation. The benefits of facilitation can be (i) the better use of resources (land, water, nutrients, light) through niche differentiation, (ii) reduced pest, disease and weed problems, (iii) sustainability (less erosion, enhanced soil fertility), (iv) socio economic benefits (yield stability, risk avoidance). When a second crop is added to a crop the first crop will suffer from competition for resources light, water and nutrients. The second crop may absorb radiation that could be absorbed by the first crop (unless the second crop grows under the first crop), and the second crop will take up water and nutrients, thereby reducing the pool of reserves in the soil available for the first crop. The key question for intercropping research is to explore the system as a whole including competition effects as well as facilitation effects.

Specific insight in competitive relations is thus one of the essential elements for designing proper management systems in which economic yield is optimal given the pest suppressing ability, the yield and quality of the second crop and losses in yield and quality of the main crop. The complexity of the processes involved hints at the use of simulation models. An eco-physiological simulation model for interplant competition (INTERCOM; Kropff and Van Laar, 1993) was evaluated and successfully used to explore the effect of diversification on crop performance in several cropping systems in Europe, Africa and Asia. This paper will discuss the perspectives for designing systems with enhanced diversity with special emphasis on competition and production related issues.

Crop diversification and resource use efficiency

For a long time interplant competition for resources has been studied. In high input systems, mainly competition for light plays a role. Adding a second crop only leads to increased resource use efficiency when the second crop utilises radiation that is not absorbed by the main crop before or after canopy closure. Thus the main option is to extend the growing period. In low input systems and organic farming systems, several options for increased resource use efficiency are available. Examples are the input of nitrogen in the system by leguminous crops, or the enhanced use of scarce water by a relay crop or a deep rooting crop in combination with a shallow rooting crop. In general we found that there are serious options for increased resource use efficiency, especially when the focus is on conservation of the natural resource base.

Crop diversification and facilitation

Many studies have shown that mixing crops reduces pest problems. Especially regulation of insect pest populations has been demonstrated. Various mechanisms have been hypothesized, like resource concentration and the stimulation of natural enemies by the second crop, but its not always evident which mechanism is operative. Recent examples are the reduction of leaf blast in glutinous rice when intercropped with resistant hybrid rice (Zhu et al., 2000, Revilla et al., 2003); the reduction of thrips and suppression of weeds in leek and cabbage (review by Baumann et al., 2002); the reduction of the parasitic weed *Striga hermonthica* in millet and sorghum in Africa by intercropping with cowpea (Samake, 2003); the reduction of weeds by legumes as relay intercrop in rice in Africa (e.g. Akanvou et al., 2002). These studies confirm the facilitation effects reported in other studies.

The balance between competition and facilitation

In the recent studies mentioned above the effects of competition and facilitation were simultaneously analysed using systems approaches and models to explore the balance between these processes. Several examples will be shortly discussed. In a study in West-Africa it was demonstrated that the time of introduction of a relay legume crop in rice is crucial for its success in terms of biomass production for weed suppression in the fallow period and adding N to the soil for the next rice crop (Akanvou et al., 2002). By analysing the data with detailed simulation models, it was found that, counter intuitively, a more competitive rice variety in combination with a more competitive legume species resulted in the highest legume biomass at the same small level of yield loss in rice. The more competitive legume could be introduced later and was better able to use the water reserves after harvest of the rice crop.

Mixing high yielding hybrid rice with the highly profitable glutinous rice reduced blast effects, and led to a rapid adoption by farmers (Revilla et al., 2003). In other high input situations of leek and cabbage crops, the introduction of clover had been demonstrated successful in reducing thrips populations in the Netherlands. However, there was no adoption of this system. Baumann et al. (2002) therefore started with a different approach: adding a cash crop to the main crop instead of clover. This study demonstrated that the leek crop suffers much from competition of the clover so that facilitation effects are completely overruled by competition effects. By using celery as a second crop in the right combination of densities, Baumann et al. (2002) showed that increased resource use efficiency was possible in combination with a strong reduction of weeds. Dynamic simulation models for interplant competition were used for optimization of this system. The mechanization problem did not hinder adoption and was easily solved, as was shown by a farmer in Switzerland. Both in the rice

study and in the leek study it was demonstrated that adding a second cash crop in a replacement design may result in a positive balance between competition and facilitation.

In a study in Tanzania, the widely used maize-sesame system was explored (Mkamilo, 2004). It was found that the small biological advantage of the intercrop was only more interesting than growing a maize monoculture, because sesame is a cash crop with a much higher value at the time of harvest than the maize crop. Right at the moment when the farmers need cash, vendors buy the sesame seeds from the farmers on a tour around the villages. The excess-maize can then be stored and soled later on when prices hat a later moment after harvest, when prices have tripled. This demonstrates the importance of including socio economic aspects in the analysis.

In conclusion we found that complex systems with diversified crops will only be successful and adopted by farmers if a proper balance between competition and facilitation can be found. Existing models for interplant competition are well suited for the evaluation of the competition aspects, which are often essential for optimization of these mixed cropping systems. It is essential that apart from a biophysical analysis, socio-economic aspects are taken into account in view of practical applicability.

References

- Akanvou, R.; Kropff, M.J.; Bastiaans, L; Becker, M. 2002: Evaluating the use of two contrasting legume species as relay intercrop in upland rice cropping systems. *Field Crops Research*, 74, pp. 23-36.
- Baumann, D.T.; L. Bastiaans and M.J. Kropff 2002: Intercropping system optimization for yield, quality, and weed suppression. *Agronomy Journal* 94: 734-742.
- Kropff, M.J.; Van Laar, H.H. (Eds.) 1993: *Modelling Crop-Weed Interactions*. CAB International, Wallingford, UK, 274 p.
- Kropff, M.J. Bouma, J.; Jones, J.W. 2001. Systems approaches for the design of sustainable agro-ecosystems. *Agricultural Systems*, 70, pp. 369-393.
- Mkamilo, G. S. 2004: *Maize-sesame intercropping in South east Tanzania*. PhD thesis, Wageningen University. *Tropical Resource Management Papers*, 54. 111 pp.
- Revilla, I.M.; Leung, H.; Zhu, Y.Y.; Chen, H.R.; Wang, Y.Y.; Mew, T.W.; Hossain, M. 2003: Rice cultivar mixtures for blast management and improvement of farmer's income: the Yunan experience. In: *Rice Science: innovations and impact for livelyhood*. IRRI, 2003.
- Rossing, W.A.H.; Jansma, J.E.; De Ruijter, F.J.; Schans, J.; 1997: Operationalizing sustainability:exploring options for environmentally friendly flower bulb production systems. *European Journal of Plant Pathology* 103: 217-234.
- Samake, O. 2003: *Integrated crop management strategies in Sahelian land use systems to improve agricultural productivity and sustainability: A case study in Mali*.
- Teng, P.S.; Kropff, M.J.; Ten Berge, H.F.M.; Dent, J.B.; Lansigan, F.P.; Van Laar, H.H. (Eds.), 1997: *Applications of systems approaches at the farm and regional levels*. Volume 1, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 468 p.
- Vandermeer, J. 1989: *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press. 237 pp.
- Zhu, Y.Y.; Chen, H.R.; Fan, J.H.; Wang, Y.Y.; Yan Li; Chen, J.B.; Zhou, J.Y.; Fan, J.X.; Yang, S.S.; Maghuang, L.Y.; Hu, L.P.; Leung, H.; Mew, T.; Teng, P.S.; Wang, Z.W.; Mundt, C.C. 2000: Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406: 718-722.

Current and future issues for global environmental change and arable agriculture

John R. Porter* & Will Steffen**

The production and provision of food and fibre is central to the well being of humans. From the ample sufficiency of these commodities in the developed world, we can forget the historical importance that food and fibre have played in human social and political development. During the Napoleonic Wars in Europe in the first years of the 19th century, the price of a tonne of wheat in the UK was five times its purchasing parity price today and food riots were common. Earlier, all roads led to Rome partly because of the need to supply citizens of the republic with food, drink and cloth. Humans have cultivated the land for about 10K years when the global population reached one million. Before that time and for the preponderance of human history, humans have hunted and gathered their food, fibre and energy since *Homo sapiens sapiens* diverged from its ancestors about 200K years ago (Evans, 1998). The effect of agricultural cultivation on human political and social development was explosive. In the 10K years leading to the start of the second millennium, the human population increased 100 fold from 5 to 500 million people. In the second millennium, the effect was even more profound in absolute terms as 500 million people became 5000 million. Today more than 75% of the land area of Europe is cultivated for either crop, grassland or forestry production and humans appropriate about 40% of terrestrial net primary productivity for their own use (Vitousek, 1986). In rich, demographically stable countries the effects of agriculture and forestry on biodiversity and the cycles of carbon, nutrients and water are critical social and political issues, rarely out of the news. Land cultivation is one of the most influential human practices for the dynamics of the terrestrial landscape and thereby the atmospheric, biogeochemical and water cycles of the Earth System.

Globally, the picture is different from that seen in Europe, the USA and the affluent parts of Asia. In these areas, we have a stable overall population with an ageing population structure and with some countries experiencing negative population growth. In many parts of the developing world and, particularly in south-east Asia, populations are still expanding but fortunately at a decreasing rate. There are causes for optimism that even with a global population of 9 to 10 billion, the world will be able to feed itself *on average*. However, the average conceals that the relative gap between the richest and the poorest people in the world is getting larger. In 2001, the Economist magazine reported that the Gini coefficient, an index of income inequality, had risen from 0.60 to 0.63 since the 1980s. Within western countries, the Gini coefficient ranges from 0.20 to 0.35. In absolute terms, the global poor may be getting richer but the already affluent are getting relatively even richer. Issues for the developing world in terms of food and fibre provision balance themselves between the biological issues of food and fibre production and the economic and social issues of accessibility to these resources. The interface between the biological and the social is a key area for research in the future as far as food and fibre are concerned.

For almost all the time that humans have cultivated the land the atmospheric CO₂ concentration has been between about 260 and 280 ppmv (Figure 1a) and the northern hemisphere temperature anomaly has had an absolute value of about 1°C

* Department of Agricultural Sciences, The Royal Veterinary and Agricultural University, Højbakkegaard Alle 2, 2630 Taastrup, Denmark, email: jrp@kvl.dk

** IGBP Secretariat, The Royal Swedish Academy of Science, Box 50005, S-10405 Stockholm, Sweden, email: will@igbp.kva.se

with a decreasing amplitude since about 1500 (Figure 1b). However, since 1900 both the mean and variance of the temperature anomaly have been increasing, as has the atmospheric CO₂ level (Figure 1). The immediate questions for arable agriculture in these circumstances can be categorised as the damage potential of climate change for the basic arable food systems and their security, possible adaptations thereof and the mitigation potential of arable farming to slow the build-up of greenhouse gases. These are the themes considered below.

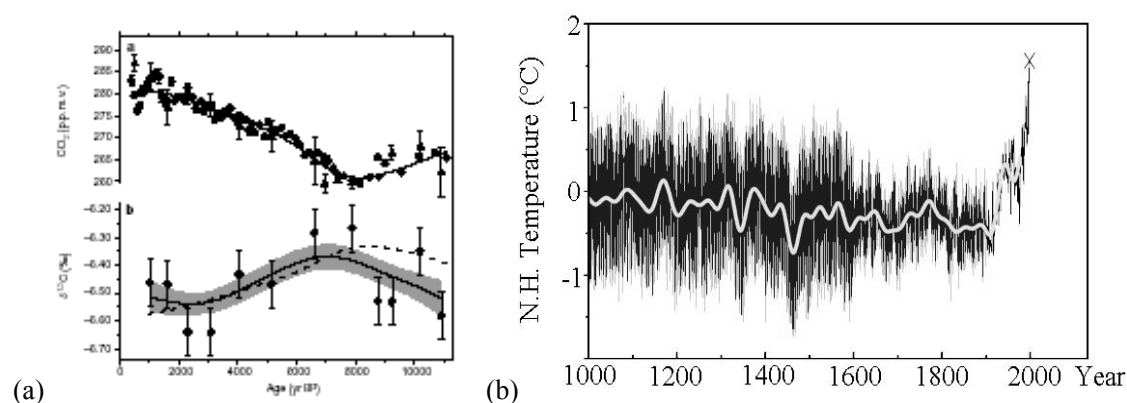


Figure 1. (a) Changes in (upper) global atmospheric CO₂ concentration (ppmv) for the past 10 kyrs from measurements of the Taylor Dome ice core and (lower) change in the stable isotope ratio over the same period that demonstrates the contribution of terrestrial photosynthesis to changes in concentration. Solid lines are spline fits to the data (Indermuhle *et al.*, 1999) (b) The mean and its anomaly range in northern hemisphere surface temperature (T) from 1000 AD to the present (Mann *et al.*, 1999).

Until the mid-1990s most studies of the impacts of climate change on agriculture (*ie.* Rosenzweig and Parry, 1994) focussed on changes in CO₂ level and average conditions, such as a rise in mean global temperature or the amount of rainfall, on crop production. However, it was soon realised that these analyses were conceptually incomplete because (i) crops, and plants in general, respond non-linearly to changes in their growing conditions exhibiting discontinuous threshold responses and (ii) because crops are often subject to combinations of stress factors that affect their growth and development (Figure 2). The effect of climate variability, the frequency of extreme events and the effects of combinations of factors have since assumed greater importance (*ie.* Semenov and Porter, 1995). IPCC reports since that time have highlighted the likely increase in extreme weather events associated with climate change. These would reveal themselves as higher maximum temperatures, hot days and heat waves over nearly all land areas and more intense precipitation events over many areas associated with El-Nino events and a likely increase in Asian summer monsoon precipitation variability. Variability at a range of spatial and temporal scales is now a key concern in impact studies on ecosystems in general and agroecosystems in particular.

Crops models that incorporated mathematical descriptions of phenology, leaf area development, photosynthesis, respiration, water and nitrogen uptake were able to interact with climate scenarios that included changes in the variability of rather than the mean climatic driving variables. In addition, FACE (Free-air Carbon Dioxide Enrichment) studies of wheat, soybean, cotton and rice have been established to investigate the effects of interactions between water, nitrogen, CO₂, O₃ and temperature on

the mechanisms of crop growth, development and yield. Simulation modelling (Figure 3a) and statistical relationships between yield and weather variability (Figure 3b) have both pointed to the general conclusion that increased annual variability in weather increases variation in yields. For wheat (Figure 3a), it was found that doubling the standard variation of annual temperature but holding its mean value unchanged (*ie.* scenario Figure 2a vs Figure 2b) was modelled to give the same average decrease in yield as a 4°C increase in mean temperature (Figure 3a) but a more than doubled coefficient of yield variation. Data from Japan and the Republic of Korea showed a positive but non-linear relationship between the temperature and yield anomalies for rice yields (Figure 3b). It remains a challenge for experimental studies to test these model predictions but there are sound reasons to expect verification of the models' predictions. The mechanisms that lie behind such responses are likely complex but will involve the non-linear relation of respiration to temperature and temperature threshold effects on reproductive fertility and phenology.

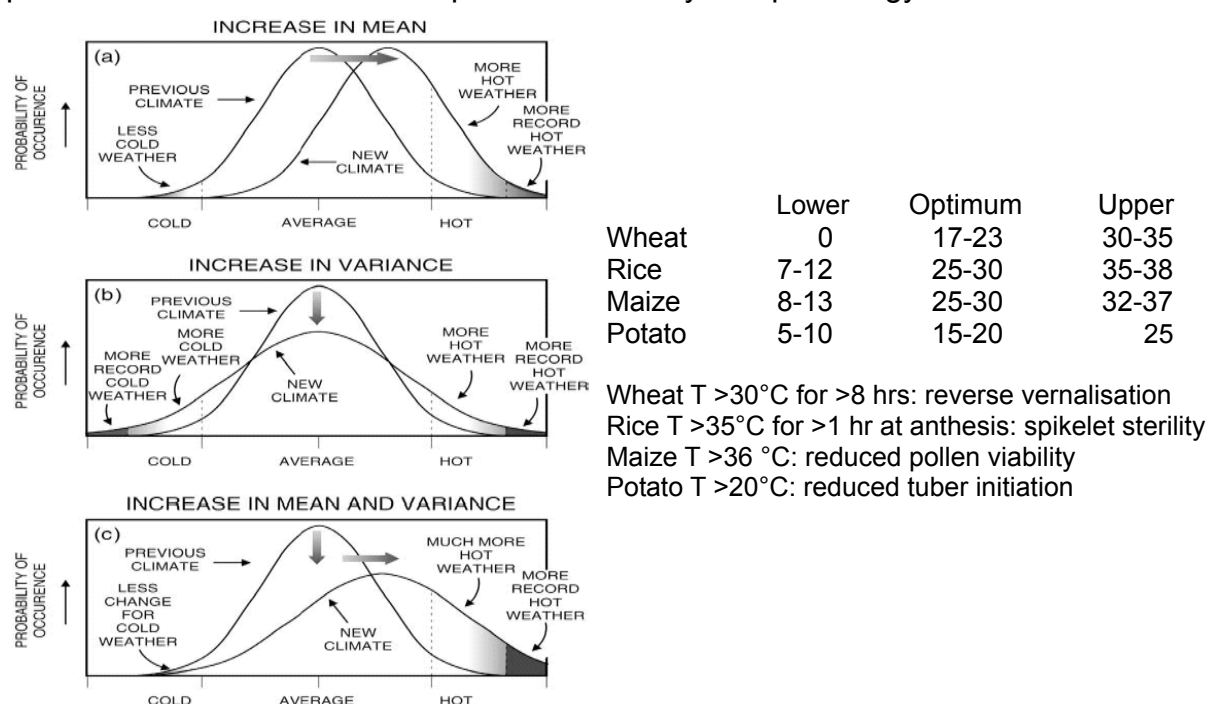
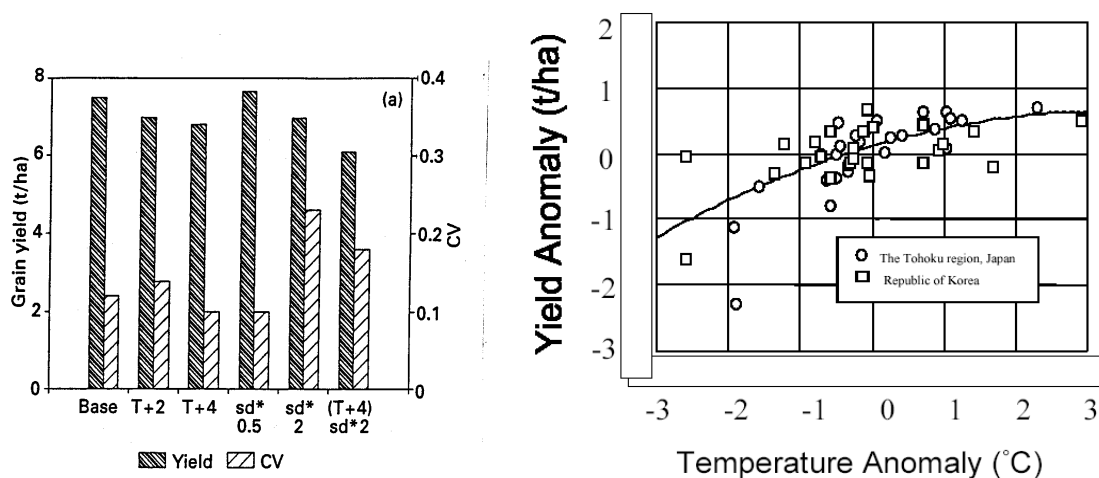


Figure 2. Illustrations of the effects of increases in (a) mean temperature, (b) increase in temperature variance and (c) increase in both on the frequency of extreme hot weather and (inset) a table showing some threshold temperatures and their effects for four crops.

The vast majority of analyses of the effects of climate change on arable crops have concerned themselves with production, either per unit area or for a region. A major neglect have been studies of the influence and mechanisms by which climate change may affect crop and food quality, for either human or animal nutrition. Crop quality is a multi-faceted and complicated subject involving the growing, storage and processing pre- and post- harvest and quality has nutritional, technological and environmental definitions. For herbivores, it is possible to have a carbohydrate sufficiency but still suffer from malnutrition – as protein, mineral or vitamin deficiencies. From closed chamber experiments with wheat in which nitrogen, temperature and CO₂ level have been manipulated, we know that there is a strong weather signal in the determination of total protein content and, as importantly, its

fractional composition that affects its nutritional and bread-making rheological properties (Martre *et al.*, 2003). The effect of climate change on food quality will be an important issue for future research as we develop our perceptions of what constitutes a healthy and sustainable diet.



(a) (b)
Figure 3. (a) Modelling and (b) statistical illustration of the importance of the variation in temperature on crop yields and its variation (as CV or anomaly) for (a) wheat and (b) rice. Base, baseline conditions; T+2, mean annual temperature increased by 2°C; T+4, mean annual temperature increased by 4°C; sd*0.5, standard deviation of annual temperature decreased by 50% without change in its mean value; sd*2, standard deviation of annual temperature doubled without change in its mean value; (T+4) sd*2, combination of raised mean and standard deviation of temperature (*i.e.* scenario from Figure 2c).

Adaptation is the attempt to reduce or at least minimize the negative effects and maximise the benefits of climate change by changing management and agricultural practices, including breeding (Oleson and Bindi, 2003). Management changes include earlier planting or sowing of crops that increases the length of the growing season thus increasing yield potential, provided moisture is adequate and the risk of heat stress is low. Combining the advantages of earlier planting with drought avoidance places emphasis on the importance of the crop phenological cycle in breeding. An adaptive strategy of a slowly developing vegetative period followed by rapid reproductive ‘self-destruction’ that transports nutrients and carbon to the grain sites as quickly as possible, thus avoiding stress, has been proposed for low latitude cereals. Profiting from increased atmospheric CO₂ for yield will mean an increase in demand for nitrogen by crops but climate change will also alter the magnitude and the balance of nitrogen losses as between leaching and gaseous losses. The links between the global carbon and nitrogen cycles will both affect the productivity of crops but will, in turn, be affected by the suite of gaseous emissions from arable and other forms of agriculture. Global warming will also likely lead to a higher incidence of pests and weeds and thus to a potentially larger use of biocides, although their use can be reduced via integrated pest management. Breeding and management have led to rises in crop yields of about 1-2% per year since the 1960s, mainly because of changes in yield harvest index and the responsiveness of crops to nitrogen. The speed of breeding for higher yields and the release of new crop varieties is currently faster than the rate at which the climate is changing – about 0.01°C increase in mean global tem-

perature per year for the past several decades. It thus appears that breeders may be able to stay ahead of climate change for sometime to come and incorporate climate change effects in their selections as part of the breeding process. In order to do this crop breeding needs to use both traditional and biotechnological techniques to allow the introduction of heat and drought resistant crop varieties.

Generally, soil organic carbon (SOC) levels in arable agricultural soils are lower than those found in undisturbed ecosystems as a result mainly of tillage and carbon removal in crops. Paradoxically, this means that a large potential C sink exists in agricultural soils that can be exploited as a mitigation option via agricultural management. The UK Royal Society (Royal Society, 2001) concluded that the largest enhancement of the terrestrial carbon sink would result from changes in agricultural management (Figure 4) that would include practices such as non-inversion tillage, residue return, rotational cropping and energy crops. The rate of increase of soil carbon, in all circumstances, would be very slow and finite as the SOC level moves to a new equilibrium that is potentially reversible. This means that management that increases SOC has to be maintained but with hopefully other benefits by way of improved soil physical and chemical quality.

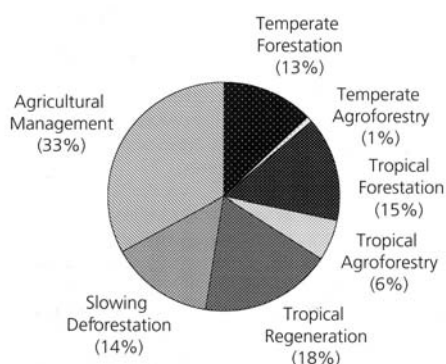


Figure 4. Potential contribution of measures to increase soil carbon levels (Royal Society, 2001).

Agriculture is the oldest human production industry that has withstood moderate changes in climate over the 10,000 years that humans have practiced it. It is probable that arable agricultural production can adapt to changes in mean global temperatures over the next century of the order of 1-2 °C (about 0.01 to 0.02 °C per year) via breeding, selection and management. The agricultural genotype x management x environment envelope is flexible and spacious enough to accommodate small to medium changes in the weather signal for crops. However, if global warming results in mean temperature changes over the next century of 4-5 °C (*ie.* 0.04 to 0.05 °C per year) then it will be a case of global agriculture struggling to survive. Mitigation options from farming are substantial but are slow to implement and to have their effect. In the rich world, we need to keep our agricultural options open but our thinking should include a new vision for agriculture that seeks to change humankind's oldest production industry into its newest service industry. This means providing the ecosystem services of food, fibre and energy provision, biogeochemical regulation, biodiversity and soil conservation and cultural and aesthetic benefits for the landscape.

References

- Evans, L.T., 1998: Feeding the Ten Billion. Cambridge University Press, UK.
 Indermu A. et al., 1999: Nature, 398, 121-126.
 Mann et al., 1999: Geophysical Research Letters, 26, 759-762.
 Olesen, J.E. and Bindi, M., 2002: European Journal of Agronomy, 16, 239-262.
 Martre, P. et al., 2003: Plant Physiology, 133, 1-9.
 Rosenzweig, C. and M.L. Parry, 1994: Nature, 337, 133-138.
 Royal Society of London, 2001: The role of land carbon sinks in mitigating global climate change.
 Semenov M.A. and J.R. Porter 1995: Agricultural and Forest Meteorology, 73, 265-283.
 Vitousek, P.M. et al., 1986: BioScience, 36, 368-373.

Effizienter Pflanzenbau für Nahrung und Rohstoffe im 21. Jahrhundert

Philip Freiherr von dem Bussche*

Die Fortschritte in der Landwirtschaft, die sich global durchsetzen, sind weder Selbstzweck noch sind sie für die globale Gesellschaft unbedeutend.

– Im Gegenteil – Ohne hochproduktive Landwirtschaft, auf der Basis moderner Zuchtmethoden und moderner Technik wäre es vollkommen ausgeschlossen, die heute sechs Milliarden Menschen und in wenigen Jahrzehnten neun Milliarden Menschen auf dem Globus zu ernähren. Dass dieses immer noch nicht befriedigend gelingt, ist nicht die Schuld der Landwirte und auch nicht die Schuld der Pflanzenzüchter und Pflanzenbauer. Der Fortschritt in Forschung und Praxis, die Verbreitung von Wissen und Können in der Landwirtschaft, ist die vornehmste Aufgabe der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. Die DLG stellt sich heute den Herausforderungen einer Nachhaltigen Entwicklung, die maßgeblich auf Fortschritten der Landwirtschaft aufbaut. Hier geht es insbesondere auch um die globale Verantwortung. Je intensiver man sich mit den globalen Herausforderungen beschäftigt, um so deutlicher kommt man zu der Erkenntnis, dass es kaum einen Aspekt der Nachhaltigen Entwicklung gibt, der ohne moderne Landwirtschaft und Pflanzenzüchtung lösbar erscheint. Insbesondere eine ökonomisch höchst effiziente, das Ökosystem entlastende und für den ländlichen Raum positive Landbewirtschaftung wird in Zukunft dazu beitragen Krisen zu meistern, bevor sie entstehen. Doch um dies zu erreichen, braucht es klare Rahmenbedingungen aber auch eine klare Kommunikation.

Ausschließlich mit einem effizienten und nachhaltigen Pflanzenbau kann eine Nahrungs- und Rohstoffversorgung gewährleistet werden. Sicher wird eine nachhaltige Landwirtschaft Verteilungsengpässe nicht lösen. Aber nur durch den bewussten Einsatz von Ressourcen wird die Möglichkeit geschaffen, heute bereits ansatzweise die Probleme von Morgen zu lösen.

Die fünf wichtigsten Herausforderungen und damit den Kern unserer globalen Verantwortung als Agrarsektor sind das Bevölkerungswachstum, die Flächenverfügbarkeit, der Wassermangel, die Ernteverluste und der Verbraucherschutz.

Die Bevölkerung wird bis zum Jahr 2050 auf rund neun Milliarden Menschen anwachsen. Spätestens seit der Rio-Konferenz mit der Agenda 21 wird die Bevölkerungsentwicklung als wesentliche Herausforderung für eine Nachhaltige Entwicklung identifiziert. Nur mit einer hochintensiven Landwirtschaft, unter Ausnutzung aller fortschrittlichen Methoden der Pflanzenzüchtung, ist es bisher gelungen, das Wettrennen zwischen Pflug und Storch offen zu halten. Dazu waren Quantensprünge der Technologie erforderlich, die in der Züchtung von Gregor Mendel bis zur Biotechnik und in der Düngungsforschung von Justus von Liebig bis zur Precision Agriculture geführt haben.

Dieser erhöhte Nahrungsbedarf kann nicht durch Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzflächen aufgefangen werden. Denn pro Jahr gehen weltweit rund sieben Millionen ha landwirtschaftlicher Nutzfläche und rund neun Millionen ha Wald unwiederbringlich verloren. Dies entspricht zusammen ungefähr der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche von Deutschland. Bei gleichzeitigem Bevölkerungswachstum schrumpft somit die Fläche je Einwohner überproportional. Moderne Pflanzenzüchtung wird vielfältige Möglichkeiten eröffnen, die knappen Flächen und die klimatischen Veränderungen zu kompensieren: Durch ertragreiche Sorten wird das

* Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Eschborner Landstr. 11, 60489 Frankfurt am Main

Mengenproblem entschärft, weil auf der vorhandenen Fläche mehr produziert werden kann.

Die dritte Herausforderung ist in vielen Regionen der Wassermangel. Er stellt oftmals den wichtigsten Minimumfaktor der Ertragsbildung dar. Viele Menschen glauben, dass der Großteil des Wassers als Trinkwasser genutzt wird. Tatsächlich stellt es sich aber ganz anders dar: Heute werden laut FAO 70 % der Wassermengen für die Bewässerung verbraucht. Der Rest, also nur 30 %, werden für den privaten Konsum und die Industrie verwendet. Eine Prognose der Weltbank zeigt, dass im Jahr 2050 nur noch 58 % der Bevölkerung mit ausreichend Wasser versorgt sein wird. Der Wassermangel wird zwei Konsequenzen haben: Erstens wird die Menge an verfügbarem Beregnungswasser pro Hektar zurückgehen und zweitens werden viele Flächen aufgrund der höheren Priorität der Wassernutzung für andere Zwecke ganz aus dem Beregnungssystem herausfallen. Auch hieraus erwachsen ganz neue Aufgaben für die Pflanzenzüchtung: Neue Arten, um Trockenstandorte für die Ernährung nutzen zu können, neue Sorten, die weniger Wasser benötigen und schließlich eine höhere Intensität auf den Gunststandorten, um die global verfügbaren Mengen an Nahrung zu erhöhen.

Eine weitere globale Herausforderung liegt in der Tatsache, dass weltweit durchschnittlich mehr als 40 % der Ernten durch Unkräuter, Krankheiten und Schädlinge vernichtet werden. Es ist mit den Händen zu greifen, dass es hierfür nicht nur neuer und umweltschonender Pflanzenschutzmittel bedarf, sondern dass auch die Züchtung ein hohes Potenzial zur Lösung dieser Probleme anbieten kann.

Die Qualität der Ernteprodukte ist ein weiteres Feld der globalen Herausforderungen. Man denke als Beispiel an die Möglichkeit, durch Züchtungsfortschritte die Mykotoxinbelastung der Früchte zu reduzieren. Hierbei handelt es sich um ein hochaktuelles Thema des weltweiten Verbraucherschutzes. Züchtung kann maßgeblich dazu beitragen, dass die Qualität und die Sicherheit der Lebensmittel wesentlich verbessert werden können.

Diese Aufgaben gilt es in den nächsten Jahrzehnten anzupacken. In vielen Schwellenländern wird es neben dem Bevölkerungswachstum eine Veränderung der Konsumgewohnheiten sowie einen erheblichen Kaufkraftzuwachs geben. Dementsprechend wird sich die Nachfrage nach Nahrungsmitteln ebenfalls verändern. Auf diese Veränderungen müssen sich die Landwirte aber auch die Ernährungsindustrie weltweit einstellen.

Dazu kommt die Entwicklung innerhalb der WTO, dass Subventionen weitgehend abzubauen und Zugangsbeschränkungen für Drittländer aufzuheben sind. Für alle Beteiligten - sei es in den Industrie- oder in den Entwicklungsländern - wird es darum gehen, diesen verschärften Wettbewerb durch Nutzung des technischen und züchterischen Fortschrittes bestehen zu können.

Die Life-Science-Wertschöpfungskette, die beim Züchter anfängt, hat es bisher in unseren Breiten noch nicht geschafft, gesellschaftliche Akzeptanz zu sichern. Verbraucherinformation ist hierbei eine der Schlüsselstellen. Neuste Studien zeigen, dass der Verbraucher gerne mehr Details über sein Produkt haben möchte. Ob der Verbraucher sich dann aufgrund dieser Informationen entscheidet, ob das Werbeplakat ihn beeinflusst, oder weiterhin der Preis entscheidet ist dabei nicht die Frage. Wir müssen das möglichste tun, um Vertrauen zu schaffen. Das gilt für den Bio-Bauern genau so wie für konventionelle Landwirte mit oder ohne GVO-Anbau. Das die grüne Gentechnik in Deutschland von der Bevölkerung überwiegend abgelehnt wird ist im Moment nicht zu ändern. Uns Landwirten hilft es dabei auch nicht, dass diese Ablehnung auf überwiegend irrationalen Argumenten aufgebaut wird. Unsere

Abnehmer in Industrie und Handel sind für uns der verlängerte Arm der Verbraucher und daher sind ihre Spezifikationen für uns maßgeblich. Zur Zeit wird hier eben keine offen deklarierte Ware akzeptiert. Doch gibt es da natürlich für den Landwirt ein echtes Problem: Auf den Lieferscheinen der Betriebs- und Futtermittel steht häufig der Satz: „Gentechnikfreiheit kann nicht garantiert werden“ – aber der Landwirt soll der aufnehmenden Hand dies gewährleisten. Hier gibt es eindeutig Handlungsbedarf.

Es ist unbestritten, dass mindestens 70 % aller Lebensmittel schon heute direkt oder indirekt mit GVOs in Verbindung gekommen sind. Es handelt sich hierbei nicht um eine Risikodebatte, denn wissenschaftlich ist zumindest in offiziellen Untersuchungen kein Beleg für ein neues Risiko durch Gentechnik aufgetaucht. Entscheidend ist vielmehr der subjektive Eindruck des Verbrauchers, dass er gentechnisch veränderte Lebensmittel nicht braucht. Er kann heute in jedem Geschäft zwischen mindestens zehn Brotsorten aussuchen. Da will er nicht auch noch unter Unsicherheit darüber entscheiden müssen, ob er Gen-food kauft oder nicht. Er will zwar informierter sein, aber nicht noch mehr Entscheidungen fällen und sich nicht noch mehr Gedanken über die Sicherheit von Lebensmitteln machen.

Es ist aus meiner Sicht, als Landwirt dringend geboten, dass tatsächlich alle Lebensmittel gekennzeichnet werden, die über Futtermittel, Enzyme oder Zusatzstoffe potenziellen Kontakt mit GVOs hatten. Diese Kennzeichnung sollte den Hinweis enthalten, dass eine Prozesskette ohne jede Berührung mit GVO nicht gewährleistet werden kann. Im Umkehrschluss sind alle die Produkte mit einer Garantieerklärung auszuzeichnen, die in der gesamten Prozesskette bewusst keine GVO einbeziehen. Natürlich sind hiervon unbeabsichtigte Kontaminationen in gewissen Grenzen zu unterscheiden. Das wird schon deswegen die richtige Beweiskette sein, weil wahrscheinlich in wenigen Jahren nur noch wenige Verbraucher die GVO-Freiheit verlangen werden.

Das Vertrauen der Verbraucher in diese neuen Technologien wird aber nur dann wachsen, wenn auch ein wahrnehmbarer Nutzen damit verbunden ist. Das gilt im übrigen nicht nur für die Gentechnik: Die Agrarwirtschaft insgesamt sollte häufiger und verständlicher darüber sprechen, was wir in der modernen Landwirtschaft tun und warum wir es so machen. Wir müssen der Gesellschaft erklären, warum wir den Agrarfortschritt brauchen: nicht nur die Branche selbst, sondern in besonderem Maße die übrige Gesellschaft, die über sehr preiswerte und sichere Lebensmittel davon profitiert.

Ich gehe davon aus, dass das 21. Jahrhundert davon geprägt sein wird, dass der Erzeuger den Verbraucher durch objektive und überzeugende Kommunikation aufklären wird und ihm somit die Realität wieder nahe bringt. Beispielsweise ist doch äußerst interessant, dass der Ökolandbau seit rund 30 Jahren den Bt-Wirkstoff als Pflanzenschutz einsetzt, ohne das etwas bemerkenswertes dabei passiert wäre. Ich denke, dass die Pflanzenzüchtung in den nächsten Dekaden Pflanzen entwickeln wird, die einen Zusatznutzen stiften, den der Verbraucher wünscht.

Landwirte werden darüber hinaus neuste Techniken verwenden, um kostengünstig und effizient sowie umweltschonend zu produzieren, ohne sich selbst auszubeuten. Heute gibt es Navigationssysteme nicht nur in Autos. Zunehmend finden sie auch Verwendung im Ackerbau. Der Landwirt wird damit in die Lage versetzt, anhand von Ertragskarten und Nährstoffversorgungskarten des Bodens punktgenau und ertragsorientiert zu düngen. Die ersten Erfahrungen zeigen, dass damit nicht unbedingt höhere Erträge zu erzielen sind, aber der Düngeraufwand zu senken ist, was auch ökologische Vorteile hat. In jedem Feld gibt es Stellen mit geringerer Bodenfruchtbarkeit. da nützt auch ein höherer Düngeraufwand nichts.

Die auf dem Globalen Positionierungssystem beruhenden Navigationssysteme sind heute in der Lage, den Traktor ohne Zutun des Fahrers spurgenau zu führen. Auto Tracking heißt das Schlagwort. Bei der Ausbringung des Grunddüngers zum Beispiel, wenn noch keine Fahrgassen auf dem Feld angelegt sind, kann bis auf wenige Zentimeter genau Anschluss gefahren werden, so dass keine Überlappungen der Streubreiten entstehen. Diese Technik steigert die Schlagkraft deutlich. Der Arbeitsaufwand je Flächeneinheit sinkt. Und gleichzeitig sinkt die ausgebrachte Düngermenge. Ein Beispiel der Effizienzsteigerung, wie sie besser kaum sein kann.

Darüber hinaus bietet die Agrartechnik aber auch noch weitere Fortschritte zur Effizienzsteigerung. So wird zum Beispiel die Ausbringungstechnik für Pflanzenschutzmittel immer raffinierter. Die Entwicklung bei den Düsen, die Möglichkeit der Teilbreitenschaltung des Spritzgestänges und anderes mehr führen zu einer immer präziseren Ausbringung der Wirkstoffe an den Ort, an dem sie wirken sollen. Gleichzeitig sinkt der Aufwand an Mitteln und Wasser, so dass in kürzerer Zeit effektiver gearbeitet werden kann. Fortschritte in der Bodenbearbeitungstechnik erlauben ein zielgerichtetes Bearbeiten bei hoher Geschwindigkeit. Häufig lassen die Witterungsbedingungen nur kurze Zeitfenster für eine optimale Bodenbearbeitung. Um eine Bearbeitung termingerecht durchführen zu können, muss dann der Landwirt schon einmal unter suboptimalen Bedingungen arbeiten. Techniken also, die eine Stoppelbearbeitung mit hoher Schlagkraft ermöglichen, und dabei das Ziel erreichen, die Erde mit den Strohresten und den ausgefallenen Körnern der Vorfrucht zu vermischen, als Maßnahme der Bekämpfung unerwünschter Pflanzen in der Folgefrucht, sind ein typisches Beispiel für eine deutliche Effizienzsteigerung.

Handhelds, Pocket-PCs und Organiser sind heute nicht nur unerlässliche Werkzeuge für Industriemanager. Der fortschrittliche Landwirt, der schon lange den Computer nutzt, synchronisiert die Dokumentation seiner Felddaten mit dem PDA zur Überwachung und Steuerung des Produktionsprozesses. Er nutzt die Regenkarte im Internet, um einen optimalen Termin für eine Pflanzenbehandlung zu ermitteln oder ein Programm zur Schaderregerprognose.

Der Landwirt des 21. Jahrhunderts wird, sofern ihm die Nutzung des technologischen Fortschritts politisch nicht verwehrt wird, effizienter Nahrung produzieren können. Und er wird neue Rohstoffe für die industrielle Verwertung erzeugen.

Aufgrund der steigenden Ansprüche der Abnehmer seiner Rohware wird der Landwirtschaftsbetrieb auch zunehmend zu einer Agrarfabrik. Die negative Belegung dieses Begriffs ist nicht gerechtfertigt. Der Landwirt als Unternehmer macht nichts anderes als die Industrie, die große Mengen zu günstigen Preisen erzeugt, wovon alle Verbraucher profitieren. Während die Industrie schon lange einen Qualitätsnachweis der Vorlieferanten verlangt, wird dies künftig auch für die Erzeugung der Lebensmittel Standard sein. Die Landwirtschaft hat selber größtes Interesse an Qualität und Sicherheit. Der Tante Emma Laden ist verschwunden und die Discounter machen immer größere Umsätze. Warum sollte die Entwicklung in der Landwirtschaft anders verlaufen? Eine extensive Nutzung unserer hoch produktiven Böden in Mitteleuropa in einem gemäßigten Klima, das hohe und sichere Erträge ermöglicht, ist ethisch nicht vertretbar. Die meisten Regionen der Welt beneiden uns um diese Produktionsbedingungen für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion. Unternehmerisch denkende Landwirte wollen auch im 21. Jahrhundert unter diesen Standortfaktoren effizient Pflanzenbau betreiben.

Wie viel Kraut braucht die Kartoffel?

S. Schittenhelm*, H. Sourell** & F.-J. Löpmeier***

Einleitung

Die Menge an oberirdischer Biomasse und deren Ausrichtung im dreidimensionalen Raum hat via Lichtinterzeption und Evapotranspiration einen wesentlichen Einfluss auf die Interaktion der Pflanze mit ihrer Umwelt. Bezüglich der Masse an Kraut (Summe aus Stängeln und Blättern) existieren bei der Kartoffel sowohl innerhalb als auch zwischen Reifegruppen erhebliche Sortenunterschiede. Kartoffelsorten lassen sich morphologisch in Stängel- und Blatttypen unterteilen. Stängeltypen haben gegenüber Blatttypen im allgemeinen längere Stängel, mehr Kraut, ein engeres Blatt/Stängel-Verhältnis und eine größere Anzahl kleinerer Blätter. Die Architektur des Pflanzenbestandes von Stängeltypen lässt sich daher als eher offen, diejenige von Blatttypen dagegen als mehr geschlossen charakterisieren. Stängeltypen ähneln mithin der vorteilhaften offenen Bestandesarchitektur von Sorten mit aufrechter Blatthaltung bei Reis (Murchie et al., 1999) und bei Mais (Duvick and Cassman 1999). Die vorliegende Arbeit soll dazu beitragen, die Bedeutung des Krautapparates für den Ertrag und die Ertragsstabilität bei der Kartoffel aufzuklären.

Material und Methoden

Der als zweifaktorielle Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegte Versuch wurde in den Jahren 2001, 2002 und 2003 mit den Kartoffelsorten Producent (Blatttyp) und Tomba (Stängeltyp) durchgeführt. Die Sorten wurden den Kleinteilstücken und die Wasserregime den Großteilstücken zugeordnet. Folgende Wasserregime wurden praktiziert: (1) ausschließlich natürlicher Niederschlag sowie (2) Zusatzbewässerung zur Aufrechterhaltung von > 50% nutzbarer Feldkapazität in 0 - 60 cm Bodentiefe. Durch Verwendung der zusätzlichen Bewässerung sollte eine möglichst große Spannweite an Krautmassen erzielt werden. Die Planung der Bewässerung basierte auf einer Kombination aus gravimetrischer Messung der Bodenfeuchtigkeit und der Prognose des agrarmeteorologischen Beratungssystem AMBER des Deutschen Wetterdienstes. Die Lichtinterzeption wurde regelmäßig mit einem SunScan Quantensensor (Delta-T) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die klimatischen Bedingungen während der drei Versuchsjahre waren stark unterschiedlich (Tab. 1). Aufgrund des in den Jahren 2001 und 2002 geringen bzw. fehlenden Trockenstresses zeigten die Parzellen ohne und mit Zusatzbewässerung in diesen Jahren einen ähnlich Verlauf der Lichtinterzeption. Bei beiden Sorten wurde die 90%-Interzeption ohne Zusatzbewässerung mit einer leichten Verspätung von zwei Tagen (2002) bzw. von sechs Tagen (2001) erreicht. Im Trockenjahr 2003 dagegen wurde die 90%-Interzeption ohne Zusatzbewässerung beim Stängeltyp Tomba mit einer Verzögerung von 19 Tagen und beim Blatttyp Producent sogar erst mit einer Verzögerung von 37 Tagen erreicht.

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

** Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, FAL

*** Agrarmeteorologische Forschung Braunschweig, Deutscher Wetterdienst, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Tab. 1: Lufttemperatur, natürlicher Niederschlag und Zusatzbewässerung in den Vegetationsperioden der Jahre 2001 bis 2003.

Parameter	2001	2002	2003
Lufttemperatur, °C; (Abw. v. langj. Mittel)	16,0 (+0,8)	16,7 (+1,5)	17,5 (+2,6)
Natürlicher Niederschlag, mm	336	491	254 ^a
Zusatzbewässerung, mm; (Häufigkeit)	84 (4)	83 (4)	265 (13)
Gesamtniederschlag, mm	420	574	519

^a Um einen Totalausfall des Versuchs zu vermeiden erhielten die Parzellen ohne Zusatzbewässerung zwei Wassergaben von insgesamt 42 mm.

Bei dem Blatttyp Producent mit seiner vergleichsweise geringen Krautmasse besteht eine enge positive Beziehung zwischen Kraut- und Knollenertrag (Abb. 1). Bei dem Stängeltyp Tomba dagegen steigt der Knollenertrag mit zunehmendem Krautertrag bis zu einem Maximum an und fällt danach stark ab. In den Parzellen ohne Zusatzbewässerung lagen die relativen Knollentrockenmassen von Tomba im Vergleich zu Producent im Jahr 2002 (ohne Trockenstress) bei 99%, im Jahr 2001 (leichter Trockenstress) bei 109%, und im Jahr 2003 (starker Trockenstress) bei 148%. Die Fähigkeit von Stängeltypen eine vergleichsweise große oberirdische Biomasse auszubilden ist offensichtlich eine, allerdings nicht kostenlose, Versicherung gegen ungünstige Wachstumsbedingungen.

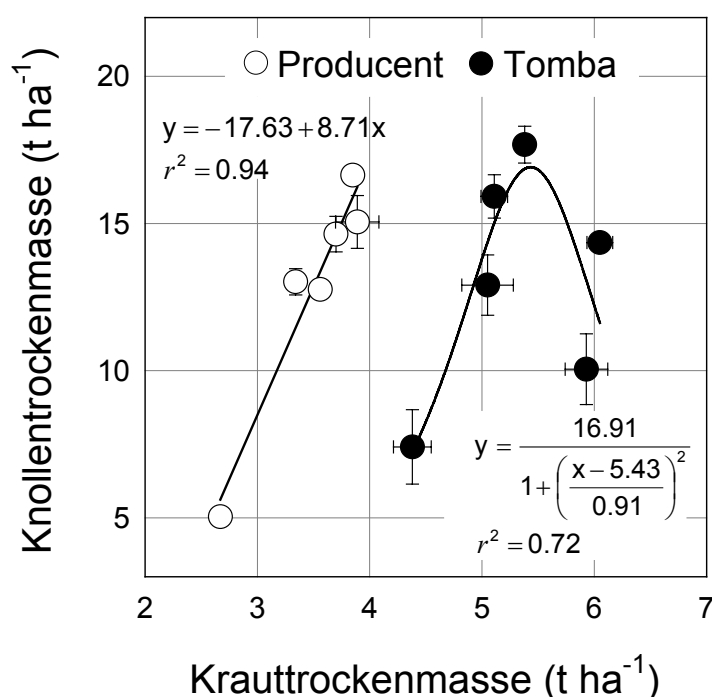


Abb. 1: Beziehung zwischen dem Trockenmasseertrag für Kraut und Knollen ohne und mit zusätzlicher Bewässerung in den Jahren 2001 bis 2003. Vertikale und horizontale Balken repräsentieren ± 1 Standardfehler vom Mittelwert ($n = 4$).

Literatur

- Duvick, D.N. und K.G. Cassman, 1999: Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-central United States. *Crop Science* 39: 1622-1630.
- Murchie, E.H., Y. Chen, S. Hubbart, S. Peng, P. Horton, 1999: Interactions between senescence and leaf orientation determine in situ patterns of photosynthesis and photoinhibition in field-grown rice. *Plant Physiology* 119: 553-563.

Ertragsfähigkeit von Ackerböden – Parameter für den Präzisionspflanzenbau

Henrik Schumann*

Einleitung

Ausgehend von der Diskussion um eine Verbesserung der Informationsbasis für die Standorteigenschaften im Rahmen des Präzisionspflanzenbaus wird versucht, anhand von Ertragsfähigkeitsparametern einzelner Zuckerrübenschläge (Nährstoffgehalte, Nematodenbesatz, Porenvolumen/Verdichtung) von ausgewählten Betrieben Erklärungsansätze für unterschiedliche Betriebszuckerertragsniveaus zu finden und damit weitere wichtige, weil ertragswirksame, Parameter zur Standortkennzeichnung im Präzisionspflanzenbau zu identifizieren.

Material und Methoden

Untersucht wurden die in Tab.1 aufgelisteten Parameter in je 2 Wdh. auf 11 Schlägen in 9 Praxisbetrieben des rheinischen Zuckerrübenanbaugebietes. Körnung, Nährstoffgehalte und Nematodenbestatz wurden in der Tiefe 0-30cm, die bodenphysikalischen Parameter Lagerungsdichte (LD), Gesamtporenvolumen (PV), Grobporenvolumen $>10\mu\text{m}$ (GP) und nutzbare Feldkapazität (NFK) (Porenvolumen von 10,0 bis $0,2\mu\text{m}$) in den Tiefen 30-34cm (Krumenbasis „kb“) und 56-60cm (Unterboden „ub“) mittels Stechzylindern, der Eindringwiderstand (EW) in 1cm-Stufen von 0 bis 80cm Tiefe mittels eines Penetrologgers der Fa. Eijkelkamp ermittelt und zu Tiefenbereichsmittelwerten (EWm) zusammengefasst. Um die durch die Bewirtschaftung verursachte Änderung im EW im Tiefenverlauf des Profils zu kennzeichnen, wurden die Änderungen im EW von 10cm-Stufe zu 10cm-Stufe berechnet, von ihnen eine „natürliche Vorverdichtung“ von 0,3 MPa abgezogen und als Spannweiten für die entsprechenden Tiefenbereiche dargestellt (EWd10w). Im Netzdiagramm (Abb.1) sind alle Einzelwerte jedes Schlages relativ zu Maximum und Minimum aller jeweils vorkommenden Werte eingetragen. Varianz- und Diskriminanzanalysen erfolgten mit den SAS-Prozeduren ANOVA und DISCRIM.

Ergebnisse und Diskussion

Es wurden Flächen ausgewählt (Tab.1), die vergleichbare Bodenarten besitzen („uL / IU“), in Regionen liegen, die sich um bis zu 172 mm Jahresniederschlagssumme unterscheiden und zu Betrieben gehören, die sich im Betriebsergebnis des Zuckerertrages um bis zu 22 dt/ha unterscheiden. Die zu evaluierenden bewirtschaftungsbedingten Bodenparameter zeigten ausreichende Variabilität.

Während in der auf jeweils ein Merkmal bezogenen Varianzanalyse die Parameter aus den Stechzylinderuntersuchungen insbesondere im Bereich der Krumenbasis einen Einfluss der Niederschlagsregion zeigten (Verrechnung „Region“ mit 3 Regionen und je 2 Betriebsschlägen), erwies sich bei den Nährstoffgehalten und den Penetrometerwerten insbesondere im Bereich der Krumenbasis und im Unterboden der Einfluss der schlagspezifischen Bewirtschaftung (Wechselwirkung Region x Schlag in Verrechnung „Region“ bzw. Wechselwirkung Betrieb x Schlag in Verrechnung „Schlag“ mit 2 Betrieben und je 2 Schlägen) als bedeutsam. Das Beispiel in Abb.1 für drei ausgewählte Schläge zeigt, dass trotzdem Erklärungsansätze für das Betriebszuckerergebnis aus „Charakterschlägen“ abzuleiten sind, wenn die entscheidenden

* Institut für Pflanzenbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn

Parameter berücksichtigt werden. Bei ähnlich geringer Niederschlagssumme (568 / 609 mm) lassen sich die guten boden-physikalischen Eigenschaften des Betriebes mit „Schlag 4“ für das um 14 dt/ha bessere Betriebszuckerergebnis gegenüber „Schlag 10“ heranziehen. Beim Vergleich der beiden Betriebe mit den Schlägen „4“ und „11“ lassen sich trotz der um 85mm höheren Jahresniederschlagssumme mangelnde Wasser- und Luftverfügbarkeit bzw. -transportfähigkeit im Krumenbasisbereich und im Unterboden (PVkb -4,23, GPkb -5,28, NFKub -10,51) sowie der um 0,35 niedrigere pH-Wert und der um 16,00 mg niedrigere P₂O₅-Gehalt für eine deutlich niedrigere Phosphatverfügbarkeit auf dem Betrieb mit „Schlag 11“ für das um 16 dt/ha niedrigere Zuckerertragsniveau verantwortlich machen.

Tab.1: Ermittelte Betriebszuckererträge (Mittel ü. 10 Jahre) und untersuchte Ertragsfähigkeitsparameter (* n=9 Betriebe; n=11 Betriebsschläge, Mittel ü. 2 Wdh.)

Parameter	Einheit	Max	Min	Parameter	Einheit	Max	Min	Parameter	Einheit	Max	Min
Zuckerertrag*	dt/ha	110,0	87,6	Mg	mg/100g	12,00	4,50	EW0080m	MPa	2,32	1,39
Sand	%	16,1	1,9	Nematoden	E+L/100ml	844	1	EW0020m	MPa	1,99	0,58
Schluff	%	85,0	66,4	LDkb	g/cm ³	1,70	1,54	EW2150m	MPa	2,43	1,02
Ton	%	17,8	10,9	LDub	g/cm ³	1,62	1,55	EW5180m	MPa	2,47	1,90
Regen	mm	740	568	PVkb	Vol-%	46,41	38,14	EW0080d10w	MPa	2,53	0,78
Humus	%	2,61	1,09	PVub	Vol-%	44,76	40,44	EW0020d10w	MPa	1,55	0,41
N	%	0,12	0,09	GPkb	Vol-%	15,66	6,39	EW2150d10w	MPa	1,24	0,31
pH	n	7,15	6,65	GPub	Vol-%	13,44	5,54	EW5180d10w	MPa	0,68	0,17
P ₂ O ₅	mg/100g	36,50	14,50	NFKkb	Vol-%	24,16	8,18				
K ₂ O	mg/100g	27,00	12,00	NFKub	Vol-%	23,45	5,93				

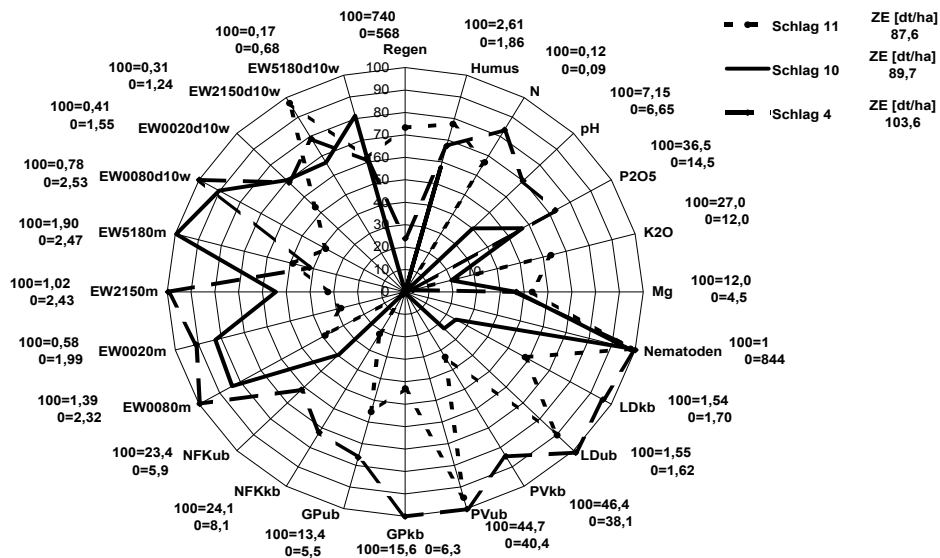


Abb. 1: Ertragsfähigkeitsparameter dreier Schläge (relativ, Mittel ü. 2 Wdh.)

Die statistische Analysemethode „Diskriminanzanalyse“, die alle als signifikant ermittelten, und damit auch bisher nicht berücksichtigte bodenphysikalische, Parameter mit einbezieht („Regen, pH, K₂O, PVkb, NFKkb, PVub, EW0180m, EW018880dw“), ermöglicht zu 100% die signifikante Unterscheidung der Betriebsschläge, die im Bereich von 87,6-91,2 und 101,2-110,0 dt/ha Zucker liegen, und auch weitere nicht im Test befundene Varianten werden korrekt klassifiziert.

Können endophytische Pilze die Trockenstress-Toleranz von Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) verbessern?

Heike Hahn*, M.A. McManus** & D.B. Scott**

Einleitung

Eine der erfolgreichsten Strategien, die Pflanzen entwickelt haben, um sich an verschiedene Stresssituationen besser anzupassen, ist die Ausprägung von Symbiosen mit Mikroorganismen. Neben den Mykorrhiza-Pilzen und Rhizobium-Bakterien, die die Wurzel der Pflanze besiedeln, zählen auch endophytische Pilze in den überirdischen Organen von Gräsern zu den bekanntesten Beispielen für derartige symbiotische Assoziationen.

Die verbesserte Trockenstress-Toleranz von endophyteninfizierten Rohrschwingelpflanzen gegenüber endophytenfreien Pflanzen ist gut dokumentiert, obwohl die Mechanismen dafür nur teilweise geklärt sind (Malinowski und Belesky, 2000). Vorteile für endophyteninfizierte (E+) gegenüber endophytenfreien (E-) Rohrschwingelpflanzen ergaben sich beispielsweise aus Hinweisen auf schnelleren Stomatenschluss, die Akkumulation und Translokation von Assimilaten sowie die Speicherung osmotisch wirksamer Metaboliten. Der Einfluss endophytischer Pilze auf die Trockenstress-Toleranz von Deutschem Weidelgras ist hingegen ungeklärt. Ziel eines Versuches war es, die Reaktion von endophytenfreien und endophyteninfizierten Klonen von zwei *L. perenne* Genotypen unter Wassermangel zu testen. Neben physiologischen Merkmalen sollten dabei auch die in *Neotyphodium lolii/Lolium perenne* Assoziationen gebildeten Alkaloide quantitativ erfasst werden.

Material und Methoden

Von zwei neuseeländischen *L. perenne* Genotypen (G10, G11), die mit verschiedenen Endophyten infiziert waren (E+), wurden durch Fungizidbehandlung endophytenfreie Klone (E-) hergestellt. In einem Klimakammerversuch wurden sowohl die E- als auch die E+ Varianten über 26 Tage einem steigenden Wassermangel ausgesetzt (Stress-Variante). Als Kontroll-Variante waren E+ und E- Klone unter optimalem Wasserangebot in diesen Versuch eingeschlossen. Während der gesamten Versuchszeit wurden in 5tägigen Abständen folgende Merkmale erfasst: relativer Wassergehalt (RWC), osmotisches Potential, Prolingehalt sowie die Konzentration der Alkaloide Lolitrem B, Ergovalin und Peramin. Die Messung des Blattlängenzuwachses erfolgte alle zwei Tage an markierten jüngsten Blattspreiten, alle anderen Merkmale wurden an Blattspreite und Blattscheide erfasst. Zur Auswertung wurden in Abhängigkeit vom erfassten Merkmal lineare und exponentielle Regressionsfunktionen geschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Zeitpunkte, zu denen zwischen Kontroll- und Stress-Variante signifikante Unterschiede nachweisbar waren, schwankten in Abhängigkeit vom Merkmal. Am sensitivsten reagierte der Blattlängenzuwachs auf zunehmenden Wassermangel. Während bei Genotyp G10 die E+ Variante unter geringem Trockenstress einen

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

** Massey University, Institute of Molecular BioSciences, Centre for Functional Genomics, Private Bag 11 222, Palmerston North, New Zealand

höheren Blattlängenzuwachs als die E- Variante zeigte, konnte dieser Vorteil für E+ nicht unter hohem Trockenstress und auch nicht für Genotyp G11 nachgewiesen werden.

Unter optimaler Wasserversorgung war der RWC in den Blattspreiten höher als in den Blattscheiden, sank jedoch unter Trockenstress in den Blattspreiten auf geringere Werte als in den Blattscheiden. Am Ende der Trockenstressperiode konnte Genotyp G11 in den Blattscheiden und –spreiten der E+ Klone signifikant höhere RWC aufrecht erhalten als in den E- Klonen. Dagegen zeigte Genotyp G10 weder für Blattspreiten noch für Blattscheiden Unterschiede im RWC zwischen E+ und E-, was auf einen großen Genotyp-Einfluss von Wirtspflanze und/oder Endophyt hindeutet.

Die Akkumulation von gelösten Stoffen im pflanzlichen Gewebe ist eine Reaktion auf Trockenstress und verbessert die Fähigkeit der Pflanze, ihre zellulären Funktionen auch unter Stressbedingungen aufrecht zu erhalten. Diese Eigenschaft wird u.a. durch das osmotische Potential beschrieben. Sowohl für E+ als auch für E- Klone veränderte sich das osmotische Potential erst unter extremen Trockenstress. Bei beiden Genotypen zeigten die E+ Pflanzen im Vergleich zu E- signifikant höhere (weniger negative) osmotische Potentiale, d.h. offensichtlich wurde bei den E+ Varianten erst bei höheren Wasserdefiziten der Stress-Zustand in der Pflanze erreicht (Hahn et al., 2004). Dafür sprechen auch die Unterschiede zwischen E+ und E- bezüglich der Prolinkonzentration. Unter extremen Trockenstress wurden in den Blattspreiten der E+ Variante des Genotyps G10 weniger Proline gespeichert als in der E- Variante, jedoch waren diese Unterschiede für G11 nicht signifikant.

Die Synthese sekundärer Metaboliten ist spezifisch für Endophyt/Grass-Assoziationen. Während des gesamten Versuchszeitraumes unterschieden sich beide Genotypen signifikant in ihren Ergovalingehalten mit höheren Konzentrationen für G10. Die Konzentration in den Blattspreiten blieb bei beiden Genotypen für Kontroll- und Stress-Variante konstant während sie in den Blattscheiden mit zunehmendem Trockenstress anstieg. Ab Tag 21 zeigten die Stress-Varianten beider Genotypen signifikant höhere Ergovalinkonzentrationen in den Blattscheiden als die Kontrolle. Bei Genotyp G11 stieg die Konzentration an Lolitrem B in der Stressvariante mit zunehmendem Wassermangel sowohl in den Blattspreiten als auch den Blattscheiden an, wogegen in Genotyp G10 eine konstante Lolitrem B-Konzentration über die Versuchszeit hinweg gemessen wurde. Für das Alkaloid Peramin konnte kein signifikanter Einfluss der Wasserversorgung nachgewiesen werden (Hahn et al., 2004).

Diese Ergebnisse zeigen, dass eine Endophytinfektion bei *L. perenne* nicht notwendigerweise Vorteile für die Pflanze hinsichtlich ihrer Toleranz gegenüber Trockenstress erbringt wie es in vielen Fällen für Assoziationen von *Neotyphodium coenophialum* und *Festuca arundinacea* nachgewiesen wurde. Um die Vorteile einer erhöhten Stresstoleranz endophytnifizierter Weidelgräser in der Praxis nutzen zu können, ist eine sorgfältige Auswahl kompatibler Weidelgras- und Endophyt-Genotypen notwendig und die Toleranzmechanismen müssen noch detaillierter geklärt werden.

Literatur

- Malinowski, D, Belesky, D, 2000: Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: Mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Sci.* 40: 923-940
Hahn,H; Monahan, B., Young, C.; McManus, M.T.; Scott, D.B., 2004: Effect of water deficit on physiology and alkaloid biosynthesis of *Neotyphodium*-infected perennial ryegrass. In: Proceedings of the 5th International Symposium on *Neotyphodium*/Grass Interactions. R. Kallenbach, C. Rosenkrans Jr., T.R. Lock (Eds.), May 23-26, Fayetteville, AR, USA, #311

Auswirkungen acker- und pflanzenbaulicher Massnahmen auf die arbuskuläre Mykorrhiza im Ökologischen Landbau

Gollner M., Friedel J.K. & Freyer B.*

Einleitung

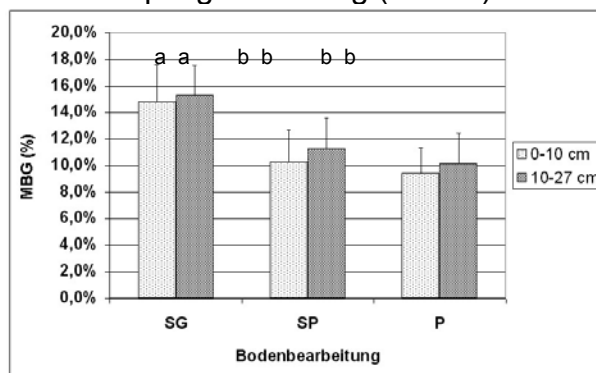
Umweltbelastungen als Folge von industriellen Agrarsystemen haben das gesellschaftliche Interesse am Ökologischen Landbau (ÖL) erhöht. Die Produktivität stützt sich im ÖL auf die Förderung für die Bodenfruchtbarkeit bedeutender Symbiosen wie z. B. die arbuskuläre Mykorrhiza (AM). Die AM erhält Assimilate von der Pflanze, der Pilz fördert im Gegenzug die Nährstoffaufnahme und die Resistenz der Pflanze. Der ÖL lässt aufgrund der systemeigenen Bewirtschaftungsmaßnahmen eine Förderung der AM erwarten. Im folgenden wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsmaßnahmen, Vorfüchte und Dünger in ihren Wirkungen auf die Mykorrhiza untersucht.

Material und Methoden

Die Entnahme der Boden- und Wurzelproben erfolgte mit einem N_{\min} -Bohrstock während des Schossens der jeweiligen Getreidearten im Bearbeitungshorizont, da zu diesem Zeitpunkt die P-Aufnahme der Pflanzen, bei der die AM beteiligt ist, ein Maximum erreicht. Die Pilzstrukturen in den Pflanzenwurzeln wurden angefärbt und der Mykorrhizabesiedelungsgrad (MBG) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die nichtwendende Bodenbearbeitung mit dem Schichtengrubber führte zu einer signifikanten Erhöhung des MBG von Winterroggen im Vergleich zu wendender Bodenbearbeitung mit dem Schichtenpflug oder Pflug (Abb. 1).



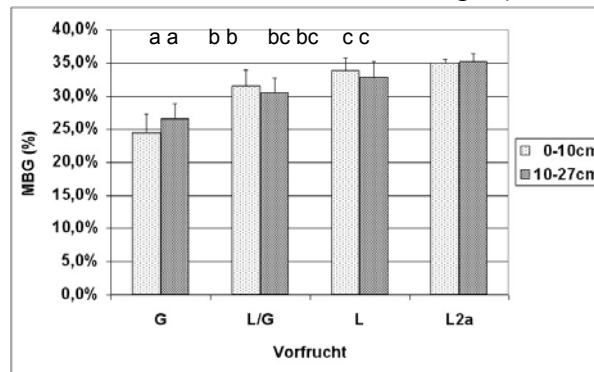
SG ... Schichtengrubber, SP ... Schichtenpflug, P ... Pflug; I ... Standardfehler des Mittelwertes
a, b, c ... signifikant unterschiedlich (Tukey-Test: $P < 0,05$).

Abb. 1: MBG von Winterroggen in zwei Bodentiefen in Abhängigkeit von verschiedenen Bodenbearbeitungsintensitäten

Im ÖL enthält die oberste Bodenschicht mehr Sporen von arbuskulären Mykorrhizapilzen (AMP) als die untere. Durch die nichtwendende Bodenbearbeitung bleibt die vertikale Verteilung der Sporen der AMP erhalten. Weiters scheint der Schichtengrubber das externe Myzels der AMP weniger zu zerstören, wodurch eine deutlich höhere Krümelstabilität infolge der Vernetzung durch die Pilzhyphen beobachtet

* Institut für Ökologischen Landbau, Department für nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Strasse 33, A-1180 Wien, Kontakt: Manfred.Gollner@boku.ac.at

werden konnte. Der MBG von Winterweizen verhielt sich direkt proportional zum Anteil von Luzerne in der Vorfrucht bzw. in der Fruchtfolge (Abb. 2).



G ... Gemenge aus je 25% Glatthafer, Rotschwengel, Schafschwingel und Wiesenschwingel

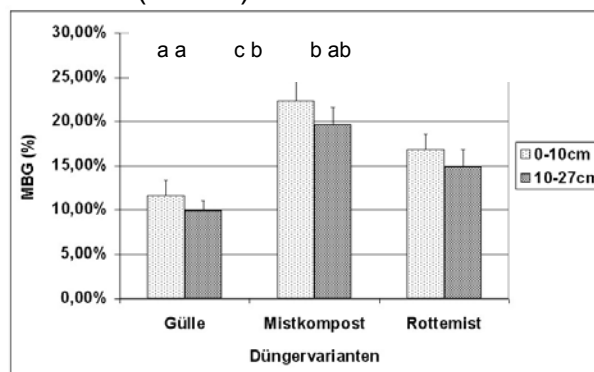
L/G ... 80% Luzerne, 20% Grasgemenge (siehe G), Angaben in Flächenprozenten

L, L2a... Luzerne einjähriger Bestand, Luzerne zweijähriger Bestand

I ... Standardfehler des Mittelwertes; a, b, c ... signifikant unterschiedlich (Tukey-Test: $P < 0,05$).

Abb. 2: MBG von Winterweizen in zwei Bodentiefen in Abhängigkeit vom Anteil an Luzerne in der Vorfrucht bzw. Fruchtfolge

Eine effiziente AM hilft den Leguminosen den hohen P-Bedarf der N-Fixierung zu decken. Daher hinterlassen Leguminosen im Vergleich zu Gramineen nachfolgenden Feldfrüchten ein höheres Kolonisationspotenzial. Daraus resultiert der gemessene höhere MBG von Winterweizen nach Luzerne Grasgemenge. Die Düngung mit Mistkompost bewirkte einen signifikant höheren MBG von Sommerroggen als die Düngung mit Rottemist oder Gülle (Abb. 3).



I ... Standardfehler des Mittelwertes; a, b, c ... signifikant unterschiedlich (Tukey-Test: $P < 0,05$).

Abb. 3: MBG von Sommerroggen in zwei Bodentiefen in Abhängigkeit von den Düngervarianten.

Mistkompost erhöht die mikrobielle Aktivität des Bodens infolge einer höheren Trockenmasse an Organischer Substanz. Der niedrigere MBG von Sommerroggen bei Güledüngung ist vermutlich auf den relativ hohen Gehalt an Ammonium (NH_4^+) der Gülle zurückzuführen. Mistkompost enthält nach der Kompostierung kaum NH_4^+ . Bei einer erhöhten Aufnahme wird NH_4^+ hauptsächlich in der Wurzel durch den Einbau in Assimilate detoxifiziert. Hohe Düngergaben an NH_4^+ führen deshalb zu einem Rückgang in der Aktivität der Symbiose infolge der Konkurrenz um die Assimilate zwischen dem Pilz und der Pflanze.

Literatur:

Gollner, M., 2003: Auswirkungen acker- und pflanzenbaulicher Massnahmen sowie der Dauer der ökologischen Bewirtschaftung auf die arbuskuläre Mykorrhiza im Ökologischen Landbau. Dissertation, 135 S. Universität für Bodenkultur, Wien.

Effekte unterschiedlicher Reihenweiten und Aussaatstärken auf den Kornertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen im ökologischen Landbau

Franz Schulz* & Günter Leithold**

Einleitung

Da im ökologischen Landbau das Angebot an leicht verfügbarem Stickstoff im Boden gering ist, weisen Körner von Winterweizen (*Triticum aestivum*) häufig niedrige Rohproteingehalte auf. Dies führt in modernen Backstraßen zu Problemen bei der Produktion von optisch ansprechenden Backwaren. Von dem Anbausystem „Weite Reihe“ bei Winterweizen wird allgemein erwartet, dass sich die Backeigenschaften des Ernteproduktes gegenüber dem Anbau mit normalem Reihenabstand verbessern lassen, ohne dass der Ertrag deutlich niedriger ausfällt (GERMEIER, 2000).

Auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb für ökologischen Landbau der Universität Gießen, Gladbacherhof, wurden von 1999 bis 2003 mehrere aufeinander aufbauende Versuche zum System „Weite Reihe“ mit Untersaaten durchgeführt.

Material und Methoden

In einem 2-faktoriellen Versuch mit der Winterweizensorte Renan wurden die Reihenweiten 30cm und 50cm im Vergleich zur Kontrolle 15cm getestet. Der 2. Faktor waren Kleeuntersaaten im August, September und April. Bei der 15cm-Variante und zum Saattermin des Weizens im Oktober wurden keine Untersaaten gesät.

In einem weiteren 2-faktoriellen Versuch wurden die beiden Weizensorten Bussard und Renan bei einem Reihenabstand von 50cm mit abnehmenden Aussaatstärken von 360, 280, 200 und 120 Körnern/m² getestet. Als Kontrollvariante diente hier eine Aussaatstärke von 360 Körnern/m² mit 15cm Reihenabstand.

Ab 2001 wurde die Folgefrucht Winterroggen (*Secale cereale*) nach den verschiedenen Varianten des erstgenannten Versuchs unterschiedlicher Reihenweiten und Saattermine untersucht. Gesät wurde mit normalem Reihenabstand. Die wichtigsten Untersuchungsparameter der Versuche waren Erträge und Ertragskomponenten, Rohproteingehalt der Weizenkörner, N_{min}-Gehalte im Boden und Massebildung der Untersaaten.

Ergebnisse und Diskussion

Aus Tab. 1 wird deutlich, dass weder in den 3 Versuchsjahren noch im Mittel der

Tab. 1: Kornertrag der 3 Versuchsjahre in dt ha⁻¹

	Kornertrag in dt ha ⁻¹			
	1999/2000	2000/2001	2001/2002	Mittel
ohne Untersaat 15 cm	36,7 a	41,1 a	27,0 a	34,8 a
ohne Untersaat 30 cm	35,2 a	37,9 a	25,6 a	32,7 a
ohne Untersaat 50 cm	32,0 a	36,5 a	23,2 a	30,4 a

Innerhalb der Umrandungen unterscheiden sich Mittelwerte mit ungleichen Buchstaben signifikant ($\alpha = 0,05$)

* Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Gießen, Gladbacherhof, 65606 Villmar

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

Jahre signifikante Ertragsunterschiede mit zunehmendem Reihenabstand festgestellt wurden. Auch bei den Ertragskomponenten TKM, Ähren pro m² und Körner pro Ähre ließen sich keine Unterschiede nachweisen. Eine erwartete Erhöhung des Rohproteingehaltes, wie in anderen Studien beschrieben (BECKER und LEITHOLD, 2003), blieb aus (Tab. 2).

Tab. 2: Rohproteingehalt der Weizenkörner der 3 Versuchsjahre in %

	Rohproteingehalt in %			
	1999/2000	2000/2001	2001/2002	Mittel
ohne Untersaat 15 cm	13,8 a	12,5 a	11,3 a	12,4 a
ohne Untersaat 30 cm	13,6 a	12,8 a	11,2 a	12,5 a
ohne Untersaat 50 cm	13,8 a	13,0 a	11,3 a	12,6 a

Innerhalb der Umrandungen unterscheiden sich Mittelwerte mit ungleichen Buchstaben signifikant ($\alpha = 0,05$)

Ein Grund für das Ausbleiben von Effekten der Weiten Reihe auf den Rohproteingehalt könnte sein, dass dieses Merkmal schon in der Normalsaatvariante auf einem für Ökobetriebe relativ hohem Niveau lag. Dies wiederum könnte an einer guten Stickstoffnachlieferung des Bodens in den Versuchsjahren liegen (Gemischtbetrieb mit umfangreichem Leguminosenanbau und Stallmistdüngung).

In dem 2-jährigen Feldversuch zur Vorfruchtwirkung der Varianten des oben beschriebenen Versuchs zeigte sich, dass besonders die im August gesäten Kleeuntersaaten einen positiven Effekt auf den Ertrag des nachfolgenden Roggens hatten. Somit konnte der geringe Weizenertrag, verursacht durch die starke Konkurrenz der üppigen Kleeuntersaat, durch den höheren Roggenertrag wieder ausgeglichen werden.

Das 2-faktorielle Feldexperiment zur Saatstärkenreduzierung gab zu erkennen, dass bei einem Reihenabstand von 50cm ein erhebliches Potential zur Einsparung von Saatgut gegenüber der üblichen Aussaatstärke besteht. Eine stufenweise Minderung der Aussaatstärke von 100 % auf 78 %, 56 % und 33 % zeigte keine nachteiligen Effekte auf Ertrag und Rohproteingehalt des Weizens, wobei es keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Aussaatstärke und Sorte (Bussard und Renan) gab. Zusammenfassend bleibt festzuhalten: 1) Das Weitreibensystem bewirkte weder beim Weizenertrag noch beim Qualitätsparameter Rohprotein Unterschiede zur Normalsaatvariante; 2) Die im August gesäten Kleeuntersaat beeinträchtigte den später gesäten Weizen negativ, hatte aber eine gute Vorfruchtwirkung auf den folgenden Roggen; 3) Gegenüber der üblichen Aussaatstärke besteht beim System „Weite Reihe“ ein erhebliches Potential zur Einsparung an Saatgut.

Literatur

- GERMEIER, CH. 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.
- BECKER, K. und G. LEITHOLD (2003): Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen im Ökologischen Landbau [online] Giessen, Univ., URL: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2003/1157/>

Einfluss substitutiver und additiver Anbaumuster auf Ertragsvorteile in Erbsen-Hafer-Gemengen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung

Angelika Neumann & R. Rauber*

Einleitung

Der Mischanbau von zwei oder mehr Früchten auf einem Feld erfährt in den letzten Jahren erhöhte Aufmerksamkeit. Insbesondere Gemenge aus Leguminosen und Getreide zeigen häufig Ertragsvorteile gegenüber Reinsaaten. Am stärksten verbreitet ist dabei der Anbau substitutiver Gemenge, bei denen die Aussaatstärken beider Gemengepartner reduziert werden, so dass die Gesamtpflanzendichte des Gemenges der Dichte der Reinsaaten entspricht. In dem vorliegenden Feldversuch mit Erbsen und Hafer wurden neben substitutiven Gemengen auch additive Gemenge untersucht, bei denen die Gesamtdichte im Gemenge höher lag als in Reinsaat. Reduzierte Bodenbearbeitung führt häufig zu einer Erhöhung der N₂-Fixierleistung von Leguminosen (Reiter et al. 2002). Im vorliegenden Versuch sollte geprüft werden, ob durch reduzierte Bodenbearbeitung im Vergleich zur Pflugbearbeitung das Konkurrenzgeschehen in Erbsen-Hafer-Gemengen beeinflusst wird.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde in den Jahren 2002 und 2003 auf einem Auenlehm bei Göttingen durchgeführt. Es handelte sich um eine zweifaktorielle Blockanlage mit den Faktoren Bodenbearbeitung (mit Wendepflug und seit 1998 reduziert bearbeitet) und Anbauform (Reinsaat/Gemenge). In Reinsaat wurde die Erbse (*Pisum sativum* L., cv. Classic) mit 50, 75, 87,5 und 100 % und der Hafer (*Avena sativa* L., cv. Alf) mit 12,5, 25, 50 und 100 % der empfohlenen Reinsaatstärke (80 Erbsen- und 300 Haferpflanzen m⁻²) angebaut. Die Gemenge setzten sich aus allen Kombinationen dieser Aussaatstärken zusammen. So entstanden substitutive und additive Anbaumuster. Vor der Aussaat, zu den beiden Ernteterminen Blüte der Erbse und Reife der Feldfrüchte sowie zwei Monate nach der Ernte wurden Bodenproben bis in 120 cm Tiefe gezogen und die CaCl₂-löslichen Stickstoffverbindungen (N_{min}) bestimmt. Die N_{min}-Mengen vor der Aussaat lagen bei 62,5 (gepflügt) bzw. 46,7 kg N ha⁻¹ (reduziert) im Jahr 2002 und bei 72,2 (gepflügt) bzw. 68,7 kg N ha⁻¹ (reduziert) im Jahr 2003. Eine N-Düngung fand nicht statt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Erträge sowohl der Erbse als auch des Hafers gingen im Gemenge gegenüber den Reinsaaten zurück. Dieser Ertragsrückgang war bei der Erbse deutlicher zu beobachten als beim Hafer, da es sich beim Hafer um den konkurrenzstärkeren Gemengepartner handelte. In der Summe der beiden Komponenten konnten jedoch in den meisten Fällen sowohl absolute als auch relative Ertragsvorteile festgestellt werden (Tab. 1). Zwischen den Bodenbearbeitungen konnten entgegen den Erwartungen kaum Unterschiede festgestellt werden. Die N₂-Fixierung der Erbse unterschied sich nicht signifikant zwischen den Bodenbearbeitungen "gepflügt" und "reduziert". Das ist unter anderem auf sehr ähnliche N_{min}-Mengen im Frühjahr bei beiden Bodenbearbeitungen zurückzuführen.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Georg-August-Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

Insgesamt nahm die prozentuale N₂-Fixierung der Erbse durch die Konkurrenz um Bodenstickstoff von Reinsaat zu Gemenge signifikant zu ($p < 0,001$). Dabei zeigte sich besonders im Jahr 2002 deutlich, dass auch die erhöhte Konkurrenz in additiven gegenüber substitutiven Gemengen zu einer Erhöhung des Anteils an Stickstoff aus der Luft führen kann (Tab. 1). Die durch das hohe N_{min}-Angebot im Boden im Jahr 2003 gesteigerte Boden-N-Aufnahme beider Früchte führte im Vergleich zum Jahr 2002 zu einem Rückgang der N₂-Fixierung der Erbse und einem Anstieg der Konkurrenzkraft des Hafers und damit zu einer stärker negativen N-Bilanz sowohl in den Reinsaat als auch den Gemengen.

Tab. 1: Korn-TM- und Korn-N-Erträge zur Reife im Mittel der Bodenbearbeitungen von Erbse und Hafer in Reinsaat und substitutiven und additiven Gemengen mit dem relativen Korn-Gesamtertrag des Gemenges (RYT_{Korn}), Anteil von Spross-N aus der Luft (Ndfa) und den vereinfachten N-Flächenbilanz-Salden

	2002				2003			
	RE ¹⁾	RH ²⁾	Gs ³⁾	Ga ⁴⁾	RE ¹⁾	RH ²⁾	Gs ³⁾	Ga ⁴⁾
TM _{Korn} [dt ha ⁻¹]	38,3	38,6	39,6	44,0	44,6	54,4	55,7	57,3
RYT _{Korn}	-	-	1,03	1,15	-	-	1,12	1,12
N _{Korn} [kg ha ⁻¹]	134,6	63,7	107,1	113,1	151,2	100,9	153,0	132,6
Ndfa	0,56	-	0,76	0,83	0,51	-	0,66	0,69
N-Saldo	-26	-64	-38	-42	-66	-101	-91	-91

¹⁾ RE = 100 % Erbse in Reinsaat; ²⁾ RH = 100 % Hafer in Reinsaat; ³⁾ Gs = Summe von Erbse und Hafer im Gemenge im Mittel von zwei substitutiven Gemengen (87,5 % Erbse : 12,5 % Hafer und 75 % Erbse : 25 % Hafer); ⁴⁾ Ga = Summe von Erbse und Hafer im Gemenge im Mittel von zwei additiven Gemengen (100 % Erbse : 50 % Hafer und 87,5 % Erbse : 100 % Hafer)

Zwischen den Jahren zeigten sich deutliche Unterschiede. Das Ertragsniveau insbesondere des Hafers lag im Jahr 2003 aufgrund höherer Sonneneinstrahlung und N_{min}-Gehalte deutlich höher als im Jahr 2002. In dem feuchten Jahr 2002 zeigten sowohl in Reinsaat als auch im Gemenge höchste Aussaatstärken die höchsten Erträge. Im Trockenjahr 2003 erwiesen sich bei den Reinsaat und Gemengen geringere Dichten als im Vorjahr als ertragsstärker. Somit waren die Kornerträge der additiven denen der substitutiven Gemenge im Jahr 2002 signifikant überlegen ($p < 0,01$, Tab. 1), während dieser Unterschied im Jahr 2003 nicht signifikant war. Auch bei Versuchen mit Ackerbohne und Hafer profitierten die Erträge von dem Gemengeanbau und von der Erhöhung der Gesamtdichte im Gemenge oberhalb der optimalen Reinsaatdichte (Helenius & Jokinen 1994). Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die beiden Gemengepartner unterschiedliche Ressourcen nutzten und daher mit der jeweils benachbarten Art weniger stark konkurrierten als mit der eigenen Art. Ebenfalls bedeutet dies, dass bei der höchsten Dichte in Reinsaat die vorhandenen Ressourcen nicht optimal ausgenutzt wurden.

Literatur

- Helenius, J. & K. Jokinen, 1994: Yield advantage and competition in intercropped oats (*Avena sativa* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.): Application of the hyperbolic yield-density model. *Field Crops Research* 37, 85-94.
- Reiter, K., K. Schmidtke & R. Rauber, 2002: The influence of long-term tillage systems on symbiotic N₂ fixation of pea (*Pisum sativum* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.). *Plant and Soil* 238, 41-55.

Ertragsverhalten, Qualitäten sowie Energie-, CO₂-, Humus- und Nährstoffbilanzen einer Fruchtfolge bei unterschiedlichen Produktionsintensitäten

Andreas Bramm & Peter Styperek*

Einleitung

Extensive Formen der Landbewirtschaftung tragen zur Ressourcenschonung bei und belasten die Umwelt weniger, als intensive Wirtschaftsweisen. Sie werden politisch präferiert und auch honoriert. Vor einer Empfehlung sollten jedoch die Reaktionen heimischer Kulturarten auf reduzierte Produktionsintensität hinsichtlich ihres Ertrags- und Qualitätsentwicklung überprüft werden. Von Interesse sind auch Änderungen der Nährstoff-, Humus-, Energie- und CO₂-Bilanzen, die durch Verminderung von standort- und betriebsüblicher Produktionsintensität entstehen.

Material und Methoden

Der Versuchsaufbau und die gewählten Intensitätsstufen einer von 1997 bis 2002 angebauten 6-feldrigen Fruchtfolge mit den Kulturarten Zuckerrüben, Winterweizen, Silomais, Winterroggen, Kartoffeln und Wintergerste. sind dargelegt bei Bramm (2002). Die Berechnungen der Nährstoff-, Humus- und Energiebilanzen erfolgte mit Hilfe des Bilanzierungsmodells REPRO (Hülsbergen, 2002).

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 werden nach Abschluss einer Rotation für die vier Intensitätsstufen die durchschnittlichen Jahresleistungen der Kulturarten als Trockenmasseerträge der wirtschaftlich verwertbaren Pflanzenerträge aufgezeigt.

Tab. 1: Einfluss extensiver Produktion auf die Ertragsleistung verschiedener Kulturarten (dt TM Ertragsorgan / ha, ø 1997-2002)

Kulturart	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	GD 5 %
Wi-Weizen	45,1 c	61,5 a	58,4 ab	54,9 b	3,6
Wi-Gerste	54,7 d	74,1 a	67,4 b	61,1 c	3,7
Wi-Roggen	45,8 c	70,6 a	62,3 b	57,2 b	5,2
Zuckerrüben	101,2 a	111,4 a	109,7 a	105,4 a	11,9
Silomais	161,4 b	178,6 a	182,3 a	159,6 b	12,7
Kartoffeln	120,5 ab	130,9 a	126,2 a	110,6 b	12,4
Ø Ges.TM/a	528,6 b	624,8 a	603,7 a	546,2 b	31,5

Im Vergleich der Stufen 1 und 2 „betriebsüblich“ bewirkte die Stickstoffversorgung über Rindergülle in Stufe 1 bei allen Kulturarten signifikante Mindererträge gegenüber KAS- Düngung in Stufe 2, außer bei Kartoffeln und Zuckerrüben. Deren TM- Ertragsunterschiede zwischen den Intensitätsstufen ließen sich auch in den Stufen 3 und 4 (um 25% bzw. 40% verringerte Stickstoffdüngung gegenüber Stufe 2) nicht statistisch absichern. Von den Getreidearten reagierten Roggen und Weizen stärker auf reduzierten Faktoreinsatz als Gerste. Die höchsten TM- Erträge der gesamten Fruchtfolge wurden in den Intensitätsstufen 2 und 3 erzielt.

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
email: andreas.bramm@fal.de

Qualitätseinbussen sind bei den Getreidearten mit abnehmender Produktionsintensität durch geringere Proteingehalte zu verzeichnen, während die Kohlenhydratgehalte bei den Blattfrüchten mit geringerer Intensität zunehmen (Tabelle 2).

Tab. 2: Einfluss extensiver Produktion auf die Qualitätsparameter der Ernteprodukte (Ø 1997-2002)

Kulturart	Parameter(%)	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	GD 5 %
Wi-Weizen	Protein	9,2 d	13,7 a	12,6 b	11,5 c	0,5
Wi-Gerste	Protein	7,3 c	9,5 a	8,8 b	8,5 b	0,3
Wi-Roggen	Protein	7,2 c	8,9 a	8,2 ab	7,9 b	0,7
Zuckerrüben	Zucker	16,7 a	16,0 b	16,3 b	16,4 ab	0,4
Silomais	Stärke	29,5 a	26,7 b	27,0 b	28,6 ab	2,1
Kartoffeln	Stärke	17,6 b	17,7 b	18,3 a	18,0 ab	0,5

Nach Berechnungen mit REPRO sinkt analog zu den Erträgen der Energieinhalt der Haupternteprodukte bzw. deren CO₂-Bindung über die Fruchtfolge betrachtet bei Gülledüngung (Stufe 1) gegenüber KAS-Düngung (Stufe 2) um 16 %, eine reduzierte Produktionsintensität bewirkt eine Minderung der Energieinhalte bzw. der CO₂-Bindung um 6 % bzw. 13 %. Aufgrund des hohen Hackfruchtanteils dieser Fruchtfolge sind die Humusbilanzsalden durchweg negativ, die Gülledüngung und der Zwischenfruchtanbau vor den Hackfrüchten vermögen diesen Humusverlust nicht auszugleichen. Eine verminderte Produktionsintensität erhöht den Humusverlust, weil durch reduzierte Erträge weniger an Nebenprodukten zurückgeführt wird (Tabelle 3).

Tab. 3: Einfluß extensiver Produktion auf die Nährstoff-, Humus- (Ø 1997-2002), Energie- und CO₂-Bilanz-Salden der 6-feldrigen Fruchtfolge (Ø 2001)

Bilanzsalden	Einheit	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Energiebilanzen ¹⁾	l Diesel/ha	4279	5118	4802	4462
CO ₂ -Bilanzen	kg CO ₂ /ha	11254	13460	12629	11735
Humusbilanzen	t Humus/ha	-0,30	-0,69	-0,72	-0,75
N-Bilanzen	kg N/ha	101	45	31	23
P-Bilanzen	kg P/ha	33	5	7	9
K-Bilanzen	kg K/ha	213	11	20	35

¹⁾Arbeitsgänge n. KTBL Datensammlung 2002/2003

Die N-Überschüsse sind bei Gülledüngung aufgrund geringerer Erträge und geringerer N-Effizienz der Gülle (55 %) im Vergleich zur KAS-Düngung (81 %) um das 2,2-fache erhöht. Eine verminderte Produktionsintensität bewirkt eine Reduktion der N-Überschüsse um 31 % (Stufe 3) bzw. 49 % (Stufe 4). Die hohen P- und K-Überschüsse bei Gülle-Düngung zeigen auf, dass Veredlungsbetriebe die P- und K-Gehalte der Gülle bei der Düngeplanung berücksichtigen müssen. Die P-Bilanz der Intensitätsstufen 2–4 ist ausgeglichen, eine reduzierte Produktionsintensität führt aufgrund geringerer Erträge zu steigenden P- und K-Salden (Tabelle 3).

Literatur

- Bramm, A. (2002): Ertrags- und Qualitätsbeeinflussung bei Halm- und Blattfrüchten durch Minderung der Produktionsintensität. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 135 -136
- Hülsbergen, K. J. (2002): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwissenschaft, Shaker Verlag, Aachen 2003

Zur Versorgung der Weltbevölkerung mit Nahrungsenergie vom Ackerland

D. Köppen*

Einleitung

Die Tatsache, dass sich gegenwärtig ca. eine Milliarde Menschen nicht ausreichend ernähren können, wird immer wieder zum Anlass genommen, die Strategie für die Nahrungsmittelproduktion zu diskutieren. Einerseits wird daraus die Notwendigkeit zur Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion hergeleitet. Andererseits wird unterstellt, dass sich wegen der Verringerung des Bevölkerungszuwachses die Ernährungsprobleme auch auf dem gegenwärtigen Produktionsniveaus lösen lassen. Ein dritter Lösungsansatz orientiert auf die stärkere Förderung des ökologischen Landbaus, um die Umwelt unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit stärker zu entlasten. Um diese Lösungsansätze beurteilen zu können, sollen die gegenwärtigen Möglichkeiten der Nahrungsenergieproduktion analysiert werden (KÖPPEN1999).

Material und Methoden

Für die Produktion von Nahrungsenergie und der damit maximal zu versorgenden Weltbevölkerung (WB) wurde von einem konstanten durchschnittlichen Energiegehalt mit $1,6 \times 10^4 \text{ kJ kg}^{-1}$ pflanzlicher TM ausgegangen. Die in Klammern gesetzten Angaben bilden die Inputs (Tab. 1) für das entwickelte Modell.

Modelleingangsgrößen

- | | |
|-------------------------------|--|
| - Energiebedarf je Person bei | 9000-12000 kJ d^{-1}
(3,0 ... 4,5 10^6 kJ a^{-1}) |
| - Ackerland (AL) | (10 ... 17,5 10^6 km^2) |
| - Hektarertrag (essbare TM) | 10 ... 30 dt TM $\text{ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
(1...3 $\times 10^5 \text{ kg TM km}^{-2} \text{ a}^{-1}$) |
| - Nahrungsenergieertrag | (1,6 ... 4,8 10^9 kJ km^{-2}) |

Basismodell zur Berechnung der mit Nahrungsenergie zu versorgenden Anzahl von Personen (WB in Mrd.):

$$\text{WB} = \frac{\text{Ackerland (km}^2\text{)} \times \text{TM-Ertrag (kg km}^{-2} \text{ a}^{-1}\text{)} \times \text{Energiegehalt (kJ kg}^{-1} \text{ TM)}}{\text{Energiebedarf (kJ a}^{-1}\text{/Person)}}$$

Modellerweiterungen z. B. zur Berücksichtigung der Veredelungsverluste (Pflanze-Tier) oder von Qualitätsparametern sind möglich (KÖPPEN 2004).

Ergebnisse und Diskussion

Die globalen Produktionsmöglichkeiten für Nahrungsenergie (ANONYMUS 2002) sind gekennzeichnet durch

- eine in den letzten Jahrzehnten gleich bleibende Ackerfläche von 1,4 Mrd. ha,
- einen steigenden Hektarertrag, der bei Getreide seit 1960 eine Verdopplung der Erntemenge bei gleich bleibender Anbaufläche bewirkte,

* Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Institut für Landnutzung, Professur für Acker- und Pflanzenbau, 18051 Rostock, Tel. 0381/498-2096, detloff.koepen@auf.uni-rostock.de

- sich verändernde Verzehrsgewohnheiten und
- eine im Vergleich zum Bevölkerungszuwachs schneller steigende Produktion.

Für die Landbewirtschaftung nehmen in den einzelnen Regionen agrarökologische Restriktionen und die nachhaltige Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit an Bedeutung zu (KÖPPEN 2004).

Die Modellrechnungen ergaben, dass mit der sich abzeichnenden Entwicklung der Landbewirtschaftung auch im 21. Jahrhundert für die zu erwartende Weltbevölkerung bedarfsgerecht nach Qualität und Quantität Nahrungsenergie vom Ackerland produziert werden kann (Tab. 1).

Tab. 1: Anzahl der auf der Erde zu ernährenden Personen (Mrd.) in Abhängigkeit von der Ackerfläche (km²), dem Hektarertrag (kg TM km⁻² a⁻¹) und dem Energiebedarf (kJ a⁻¹/Person)

Energie- bedarf (x 10 ⁶)	Ertrag TM (x 10 ⁵)	Energie- ertrag (x 10 ⁹)	Ackerfläche (x 10 ⁶)			
			10,0	12,5	15,0	17,5
3,6	1,0	1,6	4,4	5,6	6,7	7,8
	1,5	2,4	6,7	8,3	10,0	11,7
	2,0	3,2	8,9	11,1	13,3	15,6
	2,5	4,0	11,1	13,9	16,7	19,4
	3,0	4,8	13,3	16,7	20,0	23,3
4,5	1,0	1,6	3,6	4,4	5,3	6,2
	1,5	2,4	5,3	6,7	8,0	9,3
	2,0	3,2	7,1	8,9	10,7	12,4
	2,5	4,0	8,9	11,1	13,3	15,6
	3,0	4,8	10,7	13,3	16,0	18,7

Es erscheint deshalb fragwürdig, wenn der Hunger in der Welt immer wieder als Begründung für die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion in den Industrieländern herangezogen wird. Bereits vor 50 Jahren wurde eine mögliche Energieproduktion für 13 Mrd. Menschen prognostiziert (Literatur in KÖPPEN 1999).

Ein nachhaltiger umweltgerechter Pflanzenbau bietet genügend Produktionsalternativen, um die Weltbevölkerung auch im nächsten Jahrhundert bedarfs- und umweltgerecht zu versorgen. Dabei ist zunächst von zweitrangiger Bedeutung, auf welchen Flächenanteilen integriert oder ökologisch produziert wird (KÖPPEN 2004).

Die latente Unterversorgung mit Nahrungsenergie ist ein globales Problem und nur über verbesserte Ausbildung und Investitionen zur Selbsthilfe langfristig in den Regionen zu beseitigen (Solidaritäts-, Technologie- und Ausbildungsbeitrag der Industrieländer). Deshalb ist der Bauernstand weltweit zu stärken. Das betrifft sowohl seine gesellschaftliche Stellung als auch seine Leistungsfähigkeit.

Literatur

Anonymus (2002): FAO, The state of food and agriculture 2002. Rom 34

Köppen, D. (1999): Zur Versorgung der Weltbevölkerung mit Nahrungsenergie vom Ackerland. Ber. Ldw. 77, 333 - 344

Köppen, D. (2004): Bodenfruchtbarkeit im Agroökosystem. Verlag Dr. Kovač, Hamburg, 854 S. (ISBN 3-8300-1538-0)

Amaranth - Ergänzungspflanze für Mischsilagen mit Mais?

Gerhard Sauerbeck*

Einleitung

Amaranth kann eine hohe Biomasse mit einem hohen Proteingehalt liefern und wird in Asien auch als Futter in der Rinder-, Schweine- und Hühnerhaltung verwendet. Auf Grund des höheren Anteils an essentiellen Aminosäuren, insbesondere Lysin, könnte diese Kultur zur Verbesserung der Silierfähigkeit und Qualität von Maissilagen beitragen. Bisher liegen hierrüber jedoch keine Daten über die Eignung und Verwendbarkeit von Amaranthsorten und Mischsilagen unter europäischen Verhältnissen vor.

Material und Methoden

Im Jahre 2002 wurden zunächst 3 unterschiedliche Amaranthsorten ausgewählt und in Kleinparzellenversuchen von 10 m² mit einer Dichte von 60 Pfl./m² und einer Düngung von 60 kg N/ha bzw. 190 kg N (Maisvarianten) am Standort Völkenrode auf schluffigen Sandboden (FAO: Orthic Luvisol) angebaut und im Stadium der Teigreife geerntet. Ebenso erfolgte ein Mischanbau mit Mais der Sorte Calas, wobei der Amaranth in dem Reihenzwischenraum bei 75 cm Reihenabstand gedrillt wurde (Dichte: Mais 11 Pfl./m² mit Amaranth 60 Pfl./m²). Im Jahre 2003 wurde nur die im Jahre 2002 best geeignete Amaranthsorte (Sorte Patevny) mit der gleichen Maissorte angebaut und mit Rein-Amaranth-Beständen bzw. Maisbeständen verglichen. Die Parzellengröße im Jahre 2003 war 18 m². Die Aussaat erfolgte gleichzeitig mit dem Mais am 16.5.2002 und 19.5.2003. Das Material zur Silierung wurde am 3.9.2002 sowie am 25.7. bzw. 31.7.2003 zum Stadium der Blüte von Amaranth sowie am 21.8.2003 zum Stadium der Teigreife bei Mais und Amaranth geschnitten. Der Amaranth wurde 2002 vor Silierung etwa 48 h vorgewelkt. Die Silierdauer betrug 90 Tage. Varianten mit Siliermittelzusatz Ekosyl wurden mit Kontrollpartien ohne Beimpfung verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Vor allem die Erntezeitpunkte führten zu Unterschieden in den Inhaltsstoffen, weniger jedoch die Vorbehandlung (Tabelle 1). Bei Amaranth erwies sich der Schnittzeitpunkt in der Blüte auf Grund des höheren Zuckergehaltes vorteilhaft. Nur geringfügig niedrigere TM-Erträge als zum Zeitpunkt der Teigreife Ende August - Anfang September sind zu erwarten. Der Vergärbarkeitskoeffizient VK weist durch seine Nähe zum Optimalwert von 45 auch bei Amaranth auf einen weitgehend fehlgärungsfreien Silierverlauf hin, wobei jedoch auf den Zusatz von Konservierungsmitteln bei der Reinsilage nicht verzichtet werden kann, um eine sichere pH-Absenkung und Milchsäurevergärung zu gewährleisten. Die Gär säurezusammensetzung in der Silage wies nur verschwindend geringe Anteile an schädlicher Buttersäurebildung in den Varianten ohne Siliermittelzusatz auf (Tabelle 2). Auch die NH₃-Bildung liegt bei Siliermittelzusatz unter dem kritischen Wert von 7 % in der TM. Insgesamt ergaben sich gute bis sehr gute Qualitäten. Der Energiegehalt von Amaranth-Silage entspricht etwa dem einer guten Grassilage.

* Dr. Gerhard Sauerbeck, Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, FAL, Braunschweig

Tab. 1: Inhaltsstoffe von Amaranthsorten und Mischungen mit Amaranth in den Jahren 2002 und 2003

Ernte Datum	Variante	% TM	% Stärke	% Zucker	% RF	% Asche	% RP	Z/PK	VK	ME MJ/kg
21.08.03	Mais	25*	22,2	17,36	18,38	4,36	9,61	5,2	67	11,0
21.08.03	Mais+ Amaranth ⁴	21*	13,82	15,93	23,35	8,43	8,51	4,5	57	9,5
21.08.03	Amaranth ¹	21*	13,62	6,13	29,37	13,38	8,20	1,3	32	7,7
31.07.03	Amaranth ¹	42	3,73	8,69	26,21	14,57	10,59	1,3	53	7,9
04.09.02	Tsch. Sorte ²	37	12,10	5,81	27,99	12,33	8,81	0,9	44	7,8
04.09.02	Pastevny ¹	37	7,26	5,24	32,06	13,59	8,08	0,8	43	7,0
04.09.02	Bärnkraft ³	39	10,44	2,58	27,51	16,60	9,17	0,3	42	7,3
04.09.02	Mais+ Amaranth ⁴	31	24,04	5,60	25,02	6,60	5,61	1,2	41	9,3

1 Sorte Pastevny (*A. hypochondriacus*); 2 D-001 A (*A. hybridus* x *A. cruentus*); 3 *A. cruentus*; 4 Mais + Amaranth: CALAS + Pastevny, Mais: Sorte CALAS, * unerwünschter Taugeffekt

ME (Basis Maiskonservate) $ME = 14,27 - 0,0147 \cdot \text{Rohasche} - 0,0120 \cdot \text{Eulos} + 0,00234 \cdot \text{Rohprotein}$ [alle Parameter in g/kg TM], VK Vergärbarkeitskoeffizient: $TM [\%] + 8 \cdot Z/PK$

Tab. 2: Gärqualitätsbeurteilung von Amaranth und Mais-Mischsilagen

Variante	TM%	pH	Milchsre % TM	Essigsre % TM	Buttersre % TM	NH3-Ges. %	DLG Punkte	Note	
21.8.2003									
Pastevny	Kontrolle	42	4,0	1,03	0,15	0	5,2	81	II
	Ekosyl	42	4,0	4,55	0,30	0	2,7	80	II
21.8.2003									
Mais	Kontrolle	27	3,7	6,20	1,60	0	5,2	93	I
	Ekosyl	27	3,6	6,90	0,80	0	3,4	85	II
Amaranth ¹	Kontrolle	21	4,2	5,20	0,80	0	7,8	85	II
	Ekosyl	21	4,1	5,80	0,80	0	6,8	85	II
M+Amaranth	Kontrolle	22	3,7	7,80	1,40	0	4,3	92	I
	Ekosyl	22	3,5	9,20	0,80	0	2,4	85	II
3.9.2002									
Tsch. Sorte	Kontrolle	34	5,3	1,12	0,23	0,08	6,2	53	III
	Ekosyl	36	4,1	4,56	0,37	0	4,3	81	II
Pastevny	Kontrolle	33	5,4	1,30	0,26	0,04	8,9	49	IV
	Ekosyl	34	4,2	4,10	0,34	0	5,0	81	II
Bärnkraft	Kontrolle	34	5,6	0,75	0,45	0,06	7,6	45	IV
	Ekosyl	35	4,5	2,58	0,53	0,04	4,7	79	II
M.+Amaranth	Kontrolle	32	4,7	0,99	0,09	1,25	7,2	46	IV
	Ekosyl	31	3,9	3,44	0,37	0,11	4,3	81	II

1 Sorte Pastevny, M+Amaranth: Maissorte CALAS+Amaranth (Pastevny)

Die Qualität der Mischsilage mit Mais wird eindeutig vom Partner Mais beeinflusst. Im Vergleich zur Amaranth-Reinsilage ergab sich eine deutliche Qualitätszunahme. In der Mais-Mischsilage wurde durch die Zumischung von Amaranth die Milchsäurevergärung begünstigt, die Inhaltsstoffe waren jedoch gegenüber der reinen Maissilage abgesenkt bzw. der Rohfaseranteil nahm zu.

Einfluss von Trockenstress auf Qualitätsveränderungen bei der Lagerung von Zuckerrüben

Christine Kenter & Christa Hoffmann*

Einleitung

In Abhängigkeit von den Ernte- und Lieferbedingungen und der Kapazität der Zuckerrübenfabriken werden Zuckerrüben vor der Verarbeitung in der Regel über mehrere Tage gelagert. Im Verlauf der Lagerung kann es zu erheblichen Veränderungen der Verarbeitungsqualität kommen. Durch Veratmung der während des Wachstums gespeicherten Saccharose geht der Saccharosegehalt der Rüben zurück. Gleichzeitig können sich unerwünschte Stoffe wie Invertzucker (Glucose und Fructose) und lösliche Stickstoffverbindungen anreichern (Steensen & Augustinussen 2002). Durch Trockenstress in der Vegetationsperiode kommt es ebenfalls zu einer Verminderung der technischen Qualität (Bloch & Hoffmann 2004). Es stellt sich die Frage, ob auch die Lagerfähigkeit trockengestresster Zuckerrüben beeinträchtigt ist.

Material und Methoden

Im Trockenjahr 2003 wurde ein Lagerungsversuch mit Zuckerrüben durchgeführt, die einem Versuchsfeld der Universität Göttingen in Göttingen-Weende entnommen wurden. Aufgrund der Bodeneigenschaften am Standort zeigten die Pflanzen auf einer Teilfläche sehr starke Symptome von Wassermangel. Als Kontrolle wurden Rüben ohne Trockenstress-Symptome aus einem anderen Teilstück verwendet. Die Rüben wurden am 27.10.2003 von Hand geerntet. Pro Versuchsglied wurden jeweils 25 Rüben in sechsfacher Wiederholung in luftdurchlässigen Säcken aus Netzmaterial bei zwei Temperaturen (10 °C, 20 °C) für 25 Tage gelagert, außerdem wurden Referenzproben für die Qualitätsanalyse vor der Lagerung genommen. Aus den gewaschenen Rüben wurden mit einer Rübenbreisäge Breiprobe hergestellt. Nach Klärung mit Aluminiumsulfat wurden die Gehalte von Saccharose polarimetrisch, von Invertzucker und Betain mit HPLC und von α -Amino-Stickstoff fluorimetrisch bestimmt. Die Ergebnisse werden, wie bei Zuckerrüben üblich, bezogen auf die Rübenfrischmasse dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Während der Lagerung kam es in Abhängigkeit von der Wasserversorgung in der Vegetation und der Lagerungstemperatur zu deutlichen Veränderungen der Qualität der Zuckerrüben (Abb. 1). Nach Trockenstress war der Saccharosegehalt gegenüber der Kontrolle vermindert. Ein leichter Rückgang des Saccharosegehaltes während der Lagerung wurde nur bei den trockengestressten Rüben bei 25 °C beobachtet. In der Kontrolle kam es dagegen zu einem Anstieg, der auf eine Wasserabgabe während der Lagerung zurückgeführt werden kann. Mögliche Atmungsverluste zur Aufrechterhaltung des Energiestoffwechsels der lagernden Rüben wurden so überdeckt. Vor der Veratmung wird die Saccharose enzymatisch in Glucose und Fructose gespalten, die zum Teil in den Zellen angereichert werden. Dieser Effekt wird durch den starken Anstieg des Glucosegehaltes während der Lagerung bei beiden Versuchsgliedern deutlich. Dabei war ein eindeutiger Temperatureffekt erkennbar, denn die Atmungsaktivität steigt mit der Temperatur an (Burba 1976).

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

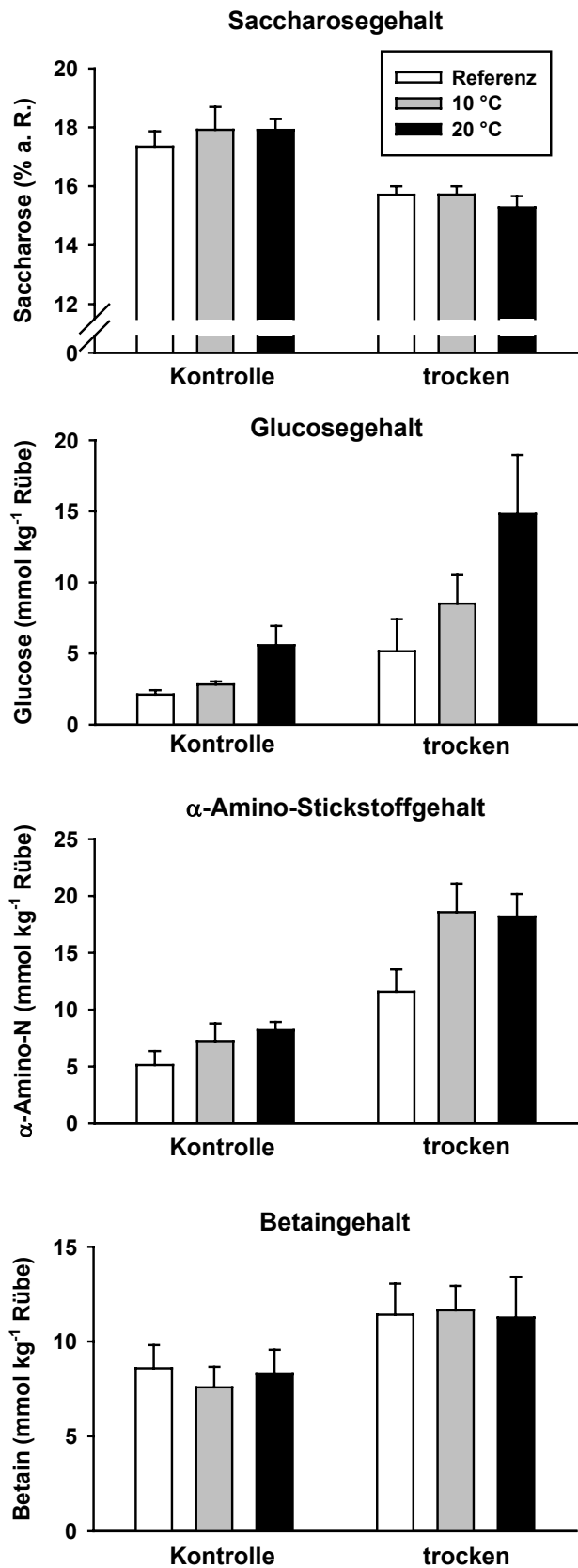


Abb. 1: Einfluss von Trockenstress auf Qualitätsveränderungen von Zuckerrüben während der Lagerung bei zwei Temperaturen

Die Atmungsaktivität bzw. die Aktivität der Saccharose invertierenden Enzyme wurde offenbar auch durch Trockenstress gesteigert, denn hier war der Glucosegehalt gegenüber der Kontrolle stets erhöht.

Auch die Gehalte an α -Amino-N und Betain stiegen durch Trockenstress deutlich an, wie auch von Bloch und Hoffmann (2004) beschrieben. Die Ursachen sind osmotische Anpassung, im Fall der Aminosäuren auch Störungen im Stickstoffmetabolismus der Pflanze infolge von Wassermangel.

Während der Lagerung kam es zu einem Anstieg des α -Amino-Stickstoffgehaltes, vermutlich durch den enzymatischen Abbau von Proteinen und anderen höhermolekularen Stickstoffverbindungen. Dieser Anstieg war bei den trockengestressten Rüben im Vergleich zur Kontrolle sehr viel stärker ausgeprägt, was ebenfalls auf eine erhöhte Stoffwechselaktivität infolge von Trockenstress bei Zuckerrüben hinweist. Der Betaingehalt blieb dagegen weitgehend konstant.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Veränderungen im Metabolismus aufgrund von Wassermangel während des Wachstums der Zuckerrübe die Qualität und Lagerfähigkeit und damit die Verarbeitung beeinträchtigen.

Dieses Projekt wird durch den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn, AIF und das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit gefördert, Projektnummer AiF 13737N.

Literatur

- Bloch, D. und C. Hoffmann 2004: Einfluss von Trockenstress auf Ertrags- und Qualitätsentwicklung verschiedener Zuckerrüben genotypen. Zuckerind. 129: (im Druck).
- Burba, M. 1976: Atmung und Saccharosestoffwechsel lagernder Zuckerrüben. Zuckerind. 26: 647-658.
- Steensen, J.K. und E. Augustinussen 2002: Influence of harvest injury on sugar loss by washing and during storage of sugar beets. Bericht 65. IIRB-Kongreß, Brüssel: 337-348.

Stickstoffmineralisierung aus vegetabilen Düngern in Kombination mit Mistkompost im Ökologischen Landbau

Judith Rührer*, Michael Stemmer**, Jürgen K. Friedel*

Einleitung

Der Einsatz von Leguminosenschroten zur Stickstoffversorgung von Gemüse aus dem Betrieb ermöglicht es, den Stickstoffkreislauf innerhalb eines Betriebes auch mit reduziertem Einsatz tierischer Produkte weitestgehend zu schließen. Effizienz bei der Ausnutzung von Leguminosenschroten zur Stickstoffversorgung kann nur erreicht werden, wenn das Düngemanagement angepasst wird. Wichtigster Parameter ist dabei das N-Mineralisationsverhalten der Leguminosenschrote.

Material und Methoden

Zur Messung der N-Mineralisation aus Leguminosenschroten mit Mistkompost wurden am Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur (Wien) Inkubationsversuche bei 18°C über 49 Tage (2002) bzw. 84 Tage (2003) angelegt. Es wurden folgende Mengenzusammensetzungen der Dünger Mistkompost und Leguminosenschrot (Erbsen, Lupinen), orientiert am Bedarf einer Tomatenkultur in geschütztem Anbau, gewählt (Tab.1). Dabei wurde die N-Mobilisierung aus Bodenpool und Kompost der Vorjahre ebenso berücksichtigt wie die verfügbare Reststickstoffmenge aus dem Bodenvorrat.

Tab. 1: Durch Düngung zugeführte, verfügbare Stickstoffmenge (N_{verf}) in kg ha^{-1}

Jahr	Variante	Düngestufe	Mistkompost (N_{verf} kg ha^{-1})	Leguminosenschrot (N_{verf} kg ha^{-1})
2002	<i>KM002</i>	<i>Kontrolle</i>	-	-
	<i>KMA02</i>	<i>Mistkompost</i>	50	-
	<i>LA02</i>	<i>Düngestufe A</i>	50	157
	<i>EA02</i>			
2003	<i>KM003</i>	<i>Kontrolle</i>	-	-
	<i>KMA03</i>	<i>Mistkompost</i>	50	-
	<i>KMB03</i>		90	-
	<i>KLA03</i>	<i>Kontrolle Leguminosenschrot</i>	-	157
	<i>KLB03</i>		-	120
	<i>KEB03</i>		-	120
	<i>LA03</i>		<i>Düngestufe A</i>	50
		<i>LB03</i>	<i>Düngestufe B</i>	90
	<i>EB03</i>			

K...Kompost-, L...Lupinenschrot-, E...Erbsenschrotdüngung; A...*Düngestufe A*, B...*Düngestufe B*, O...ohne Düngung; z.B: *LB03*...Lupinenschrotdüngung der *Düngestufe B* im Jahr 2003

Es wurde der Einfluss auf die Geschwindigkeit und die Höhe der N-Mineralisation aus den Düngern, sowie das Auftreten eines positiven Priming-Effektes für Stickstoff (+PE) geprüft. Dieser wird nach Kuzyakov et al. (2000) als eine zusätzliche Stickstoffmobilisierung aus dem Bodenvorrat, hervorgerufen durch die Zugabe organischen Materials und organischen Kohlenstoffs, definiert.

* Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, judith.ruehrer@boku.ac.at

** Institut für Bodenforschung, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, beide: Universität für Bodenkultur, 1180 Wien, Gregor Mendelstraße 33

Der Priming-Effekt wurde wie folgt aus den in Tab.1 genannten Varianten errechnet:

$$PE = (\text{Netto-N}_{\min} \text{ aus D\"ungestufe A od. B}) - (\text{Netto-N}_{\min} \text{ aus Kontrolle Mistkompost}) - (\text{Netto-N}_{\min} \text{ aus Kontrolle Leguminosenschrot})$$

Als Parameter wurde die Netto-N-Mineralisationrate aus den D\"ungern gew\"ahlt:

$$\text{Netto-N}_{\min} = N_{\min}(\text{Probe}) - N_{\min}(\text{T0})$$

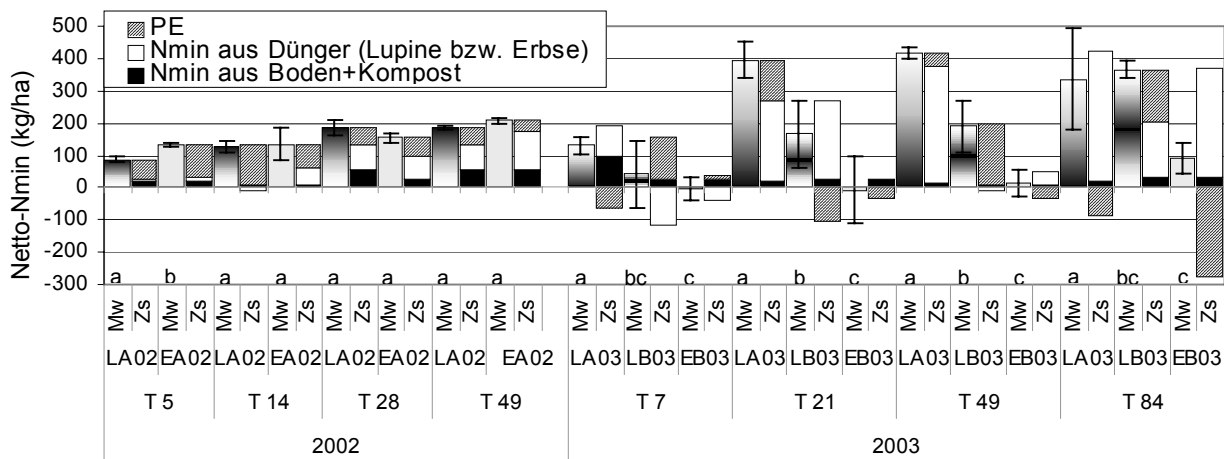
$N_{\min}(\text{Probe})$ = Mineralstickstoffgehalt der Probe zum Zeitpunkt T5, ... 5.Tag des Brutversuches

Ergebnisse und Diskussion

Im Jahr 2003 wurde aufgrund der h\"oheren Bodenfeuchte aus dem Lupinenschrot deutlich mehr Mineralstickstoff freigesetzt als im Jahr 2002, w\"ahrend sich der PE nicht wesentlich unterschied. *LB03* zeichnet sich im Vergleich zu *LA03* au\sser zu T-84 durch signifikant niedrigere N-Gehalte aus. Dabei war in der Variante *LA03* ab T-21 und in der Variante *LB03* zu T-84 die N-Mineralisation aus dem Lupinenschrot etwa doppelt so hoch wie die angenommene verf\"ugbare N-Menge (Abb.1).

Der PE lieferte in der Variante *LB03* zu allen Terminen den Hauptanteil der N-Mineralisation. In der Variante *EB03* wurden an drei Terminen ein negativer PE festgestellt, also eine Immobilisierung des Mineralstickstoffs. Offensichtlich f\"ordert Lupinenschrot im Gegensatz zu Erbsenschrot in der Kombination mit Mistkompost das Auftreten eines positiven Priming-Effektes f\"ur Stickstoff. Die H\"ohe der Lupinenschrot-d\"ungung beeinflusst die H\"ohe des PE ebenfalls positiv. In der Variante *EA02* wurde nur zu T5 ein signifikant h\"oherer Netto- N_{\min} -Gehalt als in der Variante *LA02* gemessen.

In der Kombination Lupinenschrot : Mistkompost ~ 1:4 kann, bei ausreichend Feuchtigkeit, die durch den positiven Priming-Effekt f\"ur Stickstoff freigesetzte Mineralstickstoffmenge im Ausma\ss von etwa 10 - 30% in der Berechnung der D\"ungengebe ber\"ucksichtigt werden.



Netto-Nmin...Netto-N-Mineralisierung, Mw...Messwert, Zs...Zusammensetzung (=N_{min} aus Boden, D\"unger bzw. PE=Priming-Effekt); *LA02*=s. Tab. 1; Fehlerbalken...2-fache Standardabweichung; Mittelwerte eines Termins mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht sig. (Tukey-Test, $P < 0,05$)

Abb. 1: Netto-Nmin in den Varianten mit Mistkompost- und vegetabiler D\"ungung

Literatur

Kuzyakov, Y.; K. J. Friedel und K. Stahr 2000: Review of mechanisms and quantification of priming effects; Soil Biology and Biochemistry 32: 1485-1490

Einfluss langjähriger Kalidüngung auf Pflanzenertrag und Boden

Lothar Schmidt*

Einleitung

Düngung beeinflusst Pflanzenertrag sowie Bodenfruchtbarkeit in Abhängigkeit von Fruchtart und Standort im unterschiedlichen Maße und stellt eine bedeutende Maßnahme der nachhaltigen Landwirtschaft dar. Kalium ist auf den meisten Böden ein notwendiger Düngestoff. Im Beitrag werden Ergebnisse von einem 55-jährigen Kalidüngungsversuch, 1949 von Karl Schmalfuß gegründet, ausgewertet.

Material und Methoden

Dieser Dauerversuch (Feld C) befindet sich auf dem Julius-Kühn-Feld in Halle/S., 113 m ü.NN im Regenschatten des Harzes gelegen (494 mm NS, 9,2 °C, 1684 h Sonne). Der Boden ist eine Braunschwarzerde auf Sandlöss (Haplic Phaeozem, 53 % S, 15 % T, 80...120 cm) über Geschiebemergel. Die Ackerkrume weist einen mittleren pH-Wert von 5,9, C-Gehalt von 1,4 % und eine KAK von 14 mval/ 100 g Boden auf. Der Boden besitzt auf Grund eines hohen Illitanteiles am Ton ein reiches K-Nachlieferungsvermögen. Die jährlichen N- und K-Einträge betragen ca. 50 bzw. 5 kg/ha. Der zweifaktorielle Versuch (Spaltanlage, n=3) hat vier Kalimengenstufen: K0...0, K60...40/80, K120...80/160, K240...160/320 kg K/ha zu Getreide/Hackfrucht (inkl. Mais) und vier Kalidüngerarten: Kainit, KCl, Kaliumsulfat und Mg-Kali auf Stufe K120. Die Fruchtfolge besteht aus: Kartoffeln-Silomais (bis 1987 Erbsen)-Sommerweizen-Zuckerrüben (bis 1984 Futterrüben)-Sommergerste. Nähere Angaben sind bei Schmidt u.a. (2002) zu finden.

Ergebnisse und Diskussion

In den ersten 20 Versuchsjahren zeigte nur die K0-Stufe einen signifikanten Minderertrag im Mittel aller Fruchtarten und Jahre. Erst danach setzte eine signifikante Differenzierung im Ertragstrend zwischen den Stufen mit K-Düngung ein. K0 und K60 weisen einen negativen, K120, K240 einen positiven Trend auf, der sich jeweils signifikant unterscheidet. Die Reaktion auf die K-Düngemenge war bei den Fruchtarten unterschiedlich. Steigende K-Düngemenge erhöhte bei Kartoffel, Futter-, Zuckerrüben, Erbsen und Silomais im langjährigen Mittel signifikant den Trockenmasse(TM)-Ertrag, während Weizen keine Reaktion und Gerste nur bei K0 einen signifikanten Minderertrag zeigte. Die K-Verwertung war dem entsprechend Fruchtarten spezifisch (Tab. 1).

Tab. 1: Mehrerträge durch K-Düngung (kg TM/kg K), 1994-2003, Feld C, Halle/S.

Fruchtart	K0	K60	K120	K240
	dt TM/ha	kg TM/ kg K		
Kartoffeln	43,3	24,7	37,5	23,8
Silomais	144,4	25,0	24,0	9,2
Zuckerrüben	104,4	25,0	20,0	13,3
Sommergerste	42,7	8,3	0,5	0,2
Sommerweizen	45,1	-	-	-
Mittel	76,0	16,6	16,4	9,3

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Julius-Rühn-Str. 31, D-06112 Halle/S., l.schmidt@landw.uni-halle.de

Signifikante Ertragsunterschiede zwischen den K-Düngerarten traten nur selten und mit geringer Differenz auf. Die Futterrüben reagierten positiv auf Kainitdüngung, während der Ertrag bei Silomais und Kartoffel gemindert wurde. Mg-Kali steigerte bei Zuckerrüben den TM-Ertrag.

Der K-Entzug stieg mit höherer K-Düngemenge durch größere K-Gehalte, besonders in den vegetativen Pflanzenteilen, und Erträge progressiv an. Die Zuckerrüben hatten mit 93 kg bei K0 und 255 kg K/ha bei K240 den höchsten Entzug aller Fruchtarten in allen Mengenstufen im Mittel der Jahre 1977-2003.

Die K-Bilanz (Tab. 2) zeigt für die Stufen K0 und K60 einen negativen, für K120 einen ausgeglichenen und für K240 einen positiven Saldo auf.

Tab. 2: Kaliumbilanz (kg K/ha) von 1977-2003, Feld C, Halle/S.

kg K/ha	K0	K60	K120	K240
Zufuhr*	5	65	125	245
Entzug	67	91	123	145
Saldo	-62	-26	+2	+100

*einschließlich 5 kg K/ha Eintrag aus Atmosphäre

Die über 50 Jahre hinweg differenzierte K-Düngung spiegelt sich auch im Gehalt an Pflanzen verfügbarem Kalium des Bodens wider (Tab. 3). Die Unterschiede sind bis zu einer Bodentiefe von 60 cm bedeutend.

Tab. 3: Veränderung des DL- K-Gehaltes im Boden (mg K/100 g, 0-20 cm) Feld C

Versuchsjahre	K0	K60	K120	K240
0	9,0			
10	3,9	4,4	6,9	12,4
30	5,8	6,2	9,0	15,2
40	4,2	5,6	9,8	18,2
50	4,3	4,9	11,1	19,5

Durch die K-Verarmung bzw. -Anreicherung wurden auch die KAK, das K- und NH₄-Fixierungsvermögen des Bodens signifikant beeinflusst (Garz u.a. 1993, Rathke u. Merbach 2001), wodurch insgesamt Nährstoffhaushalt und Entwicklung des Bodens nachhaltig verändert wurden.

Die Ergebnisse belegen somit:

- auch auf einem Boden mit relativ reichem K-Nachlieferungsvermögen ist eine K-Düngung für eine nachhaltige Wirtschaftsweise notwendig
- die optimale K-Düngemenge ist nach Fruchtart und Ertragsniveau zu bemessen, um eine hohe Dünge-K-Ausnutzung zu erzielen
- die Wahl einer bestimmten K-Düngerart spielt nur in Sonderfällen eine bedeutende Rolle.

Literatur

- Garz, J.; H. Scharf; H. Stumpe, H. W. Scherer u. W. Schliephake 1993: Der Einfluß der Kaliumdüngung auf einige chemische Bodeneigenschaften in einem Dauerversuch auf Sandlöß-Boden. Kühn.Arch. 87, 1, 42-52
- Rathke, G.-W. u. W. Merbach 2001: The influence of long-term K fertilization on fixation of potassium and ammonium ions by soil. Zestyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych, 480, 123-129
- Schmidt, L.; J. Garz; W. Merbach u. L. Wittenmayer 2002: Exkursionsführer zu den Dauerdüngungsversuchen auf dem Julius-Kühn-Versuchsfeld in Halle (Saale). Univ. Halle/S., 55 S.

Auswirkungen unterschiedlicher Vorfruchtkombinationen aus Haupt- und Zwischenfrucht auf Ertrag und Auftreten von Schaderregern im ökologischen Kartoffelbau

*Andreas Surböck, **Johann Ledermüller, *Elisabeth Schiessendoppler, *Jürgen K. Friedel, *Bernhard Freyer

Einleitung

Die Kartoffel zählt zu den ökonomisch wichtigsten Ackerbaukulturen im ökologischen Landbau. Verschiedene Krankheiten wie die Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*), die Wurzeltöterkrankheit (*Rhizoctonia solani*), Gewöhnlicher Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies*) sowie Drahtwürmer (*Agriotes lineatus*) beeinträchtigen die Kartoffelqualität und führen zu hohen Abzügen bei der Sortierung der Ware. Durch einen geeigneten Hauptfrucht-/Zwischenfruchtanbau kann, über die Anreicherung von Stickstoff und Pflanzenbiomasse im Boden als wesentliche Komponenten des vorbeugenden Pflanzenschutzes, neben dem Ertrag auch die Kartoffelgesundheit und damit die Knollenqualität beeinflusst werden. Fruchtfolgeeffekte sind Schaderreger-spezifisch. So kann die Wahl der Vorfrucht und die Art der eingebrachten organischen Substanz Einfluss auf das Auftreten von *Rhizoctonia solani* haben (Banville et al., 1996). Eine Gründüngung wirkt in Abhängigkeit der Kulturart hemmend auf *Streptomyces scabies* (Wenzel, 1975). Aus der Problembeschreibung leitet sich damit folgende übergeordnete Forschungsfrage ab: Welche Vorfruchtkombination aus Haupt- und Zwischenfrüchten ist unter Beachtung ökologischer Mindestanforderungen und der Wirtschaftlichkeit geeignet, gesunde und qualitativ wie quantitativ ansprechende Kartoffelerträge zu erzielen?

Material und Methoden

In einem Feldversuch im Waldviertel im nördlichen Niederösterreich (Jahresdurchschnittstemperatur: 7,3°C, mittlerer Jahresniederschlag: 662 mm) werden vier Vorfruchtvarianten zu Kartoffel geprüft.

Tab. 1: Vorfruchtkombinationen zu Kartoffel (Fruchtfolgevarianten).

Code	Fruchtfolgevariante
F 1	Erbse ohne Zwischenfrucht abgesehen von den Ausfallerbbsen
F 2	Erbse mit Zwischenfrucht bestehend aus Senf, Phacelia sowie Ausfallerbbsen
F 3	Hafer ohne Untersaat
F 4	Hafer mit Untersaat Weißklee

Die Fruchtfolgevarianten unterscheiden sich in Abhängigkeit von den Hauptfrucht- und Zwischenfruchtarten in ihrem Angebot an Stickstoff und organischer Substanz. Je Fruchtfolgevariante werden die drei Kartoffelsorten Agria, Ditta und Nicola angebaut. Um Witterungseinflüsse berücksichtigen zu können, wird der Versuch zeitversetzt in drei aufeinander folgenden Jahren angelegt. Die erste Versuchsanlage wurde als Streifenversuch umgesetzt und die Ergebnisse als Vorversuch ausgewertet. Bei den weiteren Versuchsanlagen handelt es sich um eine Strip-Plot-Anlage mit 4 Wiederholungen. Mittels Augenscheinprüfung werden im Kartoffelbestand und am

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien

** Landwirtschaftliche Fachschule Edelhoferhof/Land-Impulse AgrolInnovation, Edelhoferhof 1, 3910 Zwettl

Erntegut verschiedene Schaderreger bonitiert. Zusätzlich wird das Bakterienpräparat Proradix als Pflanzenstärkungsmittel bei der Sorte Ditta (Code: Ditta+P) in einer Fruchtfolgevariante getestet. Die Erfassung der Stickstoffdynamik im Boden sowie der bodenbiologischen Aktivität sollen Hinweise über die fruchtfolgebedingten Wachstumsbedingungen geben.

Ergebnisse und Diskussion

Nach Auswertung des Vorversuches liegen erste vorläufige Ergebnisse vor. Für gesicherte Aussagen zum Fruchtfolgeeinfluss sind die Ergebnisse aus den weiteren Versuchsanlagen, unter der Einbeziehung statistischer Auswertungen, abzuwarten. Sowohl mit der Vorfrucht Erbse als auch mit der Vorfrucht Hafer wurden mit dem zusätzlichen Anbau einer Zwischenfrucht (F 2) bzw. mit einer Untersaat (F 4) höhere Kartoffelroherträge gegenüber den Fruchtfolgevarianten ohne Zwischenfruchtansaat (F 1) bzw. Untersaat (F 3) erreicht. Bei der Variante Erbse ohne Zwischenfrucht (F 1) bildeten die Ausfallerbse aufgrund geringer Bestandesdichte jedoch nur wenig oberirdische Biomasse. Beim Auftreten des Gewöhnlichen Kartoffelschorfs wurde eine Tendenz zu einem geringeren Knollenbefall bei den Varianten mit Zwischenfrucht bzw. Untersaat (F 2 und F 4) festgestellt. Beim Einfluss der Fruchtfolgevarianten auf den *Rhizoctonia*-Befall ist nach dem ersten Untersuchungsjahr kein Vorteil einer Variante ersichtlich. Beim Vergleich mit und ohne Proradixsaatgutbeizung lag der Kartoffelrohertrag bei der Variante mit Beizung geringfügig unter der Vergleichsvariante. Die Proradixbehandlung wies aber einen geringeren Knollenbefall mit *Streptomyces scabies* und *Rhizoctonia* auf.

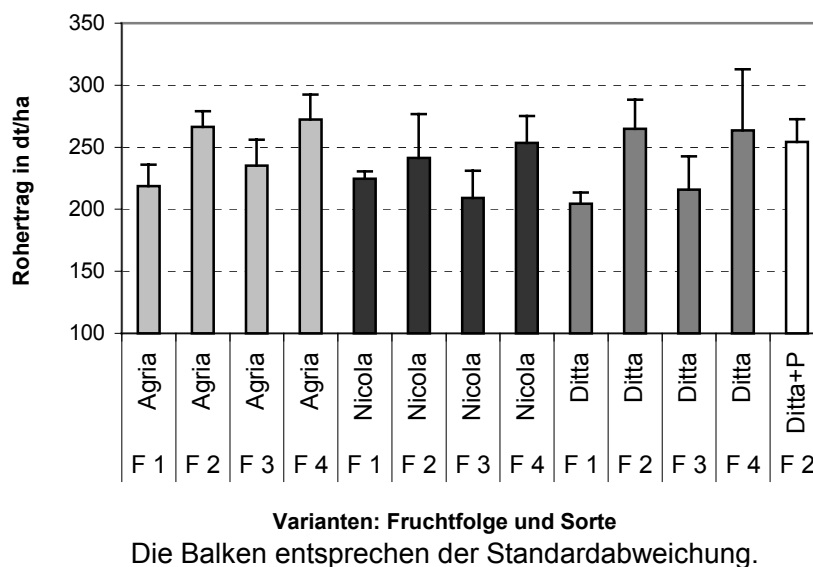


Abb. 4: Rohertrag Kartoffelknollen in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Sorte.

Literatur

- Banville, G.J., Carling, D.E. und Otrysko, B.E. (1996): *Rhizoctonia* disease on potato. 321-330. In: B. Sneh et al. (eds.): *Rhizoctonia* Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control by Kluwer Academic Publishers.
- Wenzel, H. (1975): Die Bekämpfung des Kartoffelschorfs durch Kulturmaßnahmen. Z. Pflanzenkrank. Pflanzenschutz 82, 410-440.

Wechselwirkung der Bodenbearbeitung mit den Faktoren Vorfrucht, Sorte und Fungizideinsatz auf die Deoxynivalenol-Konzentration im Korn von Winterweizen

H.-J. Koch*, C. Pringas* und J. Scherer[#]

Einleitung

Das Auftreten von *Fusarium* (*Fusarium* spp.) an der Ähre von Winterweizen ist in starkem Maße von der Witterung und der Anbaugestaltung abhängig. Während die Einzelwirkungen befallsbestimmender Faktoren (Witterung, Vorfrucht, Bodenbearbeitung, Sorte, Fungizideinsatz) weitgehend bekannt sind, existiert hoher Informationsbedarf hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren. Diese wurden auf Großflächen in mehreren Umwelten und in Parzellenversuchen an einem Standort an Hand der Toxinbelastung mit Deoxynivalenol (DON) im Korn untersucht.

Material und Methoden

In On-Farm-Experimenten (Großflächen von 2,5 bis 10 ha, Standorte als Wiederholungen) an 8 Standorten in Süd- und Ostdeutschland wurde in den Jahren 2001 und 2002 die Wechselwirkung der Bodenbearbeitung (4 langjährig differenzierte Verfahren: i) jährlicher Pflugeinsatz (30 cm tief, „Pflug“), ii) krumentiefe nicht-wendende Lockerung mit flach mischender Bearbeitung („Locker“), iii) ausschließlich flach mischende Bearbeitung (10 bis 15 cm tief, „Mulch“), iv) Direktsaat) mit den Faktoren Vorfrucht (Zuckerrübe, Winterweizen) und Sorte (hoch bzw. gering anfällig gegenüber *Fusarium* spp., nur nach Weizenvorfrucht) auf die DON-Konzentration im Korn von Winterweizen untersucht (Pringas & Koch 2004). Alle Koppelprodukte (Stroh, Blatt) verblieben im Feld.

Parallel dazu wurde in 3-faktoriellen Parzellenversuchen (Streifen-Spalt-Anlage, 4 Wiederholungen) mit Vorfrucht Winterweizen (Stroh verblieb im Feld) der Einfluss von Bodenbearbeitung (Pflug, Mulch), Sorte (s. o.) und Fungizideinsatz (mit, ohne FolicurTM während BBCH 61-69) auf den DON-Gehalt im Korn von Winterweizen geprüft (Standort Göttingen, 2 Jahre; Befallsförderung durch Beregnung während BBCH 61-69, Pringas 2004).

Ergebnisse und Diskussion

Auf den Großflächen war die DON-Konzentration nach Vorfrucht Winterweizen bzw. bei Anbau einer hoch *Fusarium* anfälligen Sorte erheblich höher als nach Vorfrucht Zuckerrübe bzw. Wahl einer gering anfälligen Sorte (Abb. 1). Nach Zuckerrübe wies der DON-Gehalt zwischen den Bearbeitungsverfahren keinen Unterschied auf. Nach Weizenvorfrucht führten demgegenüber die Verfahren Locker und Mulch in beiden Sorten zu einem tendenziell und das System Direktsaat zu einem deutlich erhöhten DON-Wert gegenüber dem Verfahren Pflug.

Im Kleinparzellenversuch (Tab. 1) hatte die Sorte den größten Einfluss auf die DON-Konzentration im Korn und wies darüber hinaus eine signifikante Wechselwirkung mit den Faktoren Bodenbearbeitung und Fungizidapplikation auf: Während die pfluglose Bearbeitung die DON-Konzentration bei Anbau einer gering anfälligen Sorte nur tendenziell erhöhte, war dieser Effekt auf der Stufe der hoch

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

Südzucker AG, GB Landwirtschaft, Ludwig-Kayser-Str., 74254 Offenau

anfälligen Sorte signifikant. Analog dazu verminderte der Fungizideinsatz den DON-Gehalt nur bei Anbau einer hoch anfälligen Sorte signifikant.

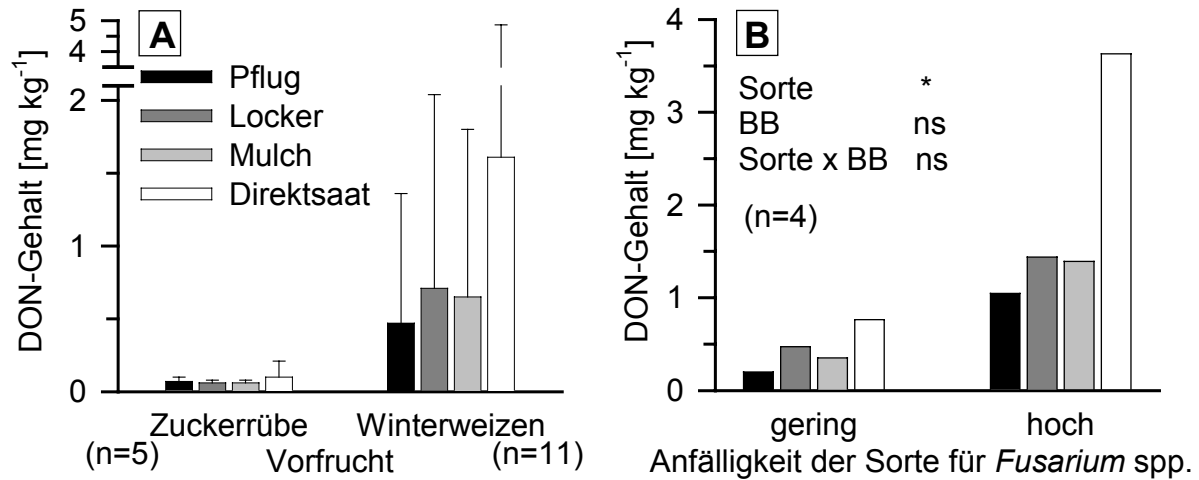


Abb. 1: Einfluss von Vorfrucht und Bodenbearbeitung (BB) (A) sowie Sorte und Bodenbearbeitung (B) auf den Deoxynivalenol(DON)-Gehalt im Korn von Winterweizen. Großflächenversuche an 8 Standorten, 2001 und 2002.

Insgesamt zeigen diese Ergebnisse, dass in Winterweizen nach Weizenvorfrucht auch mit konventionell pflügender Bearbeitung der kürzlich eingeführte DON-Grenzwert von 0,5 ppm für Speisegetreide (Anonymus 2004) nicht sicher unterschritten werden kann, wenn eine hoch anfällige Sorte angebaut wird. Auch konservierende Bearbeitung zu Stoppelweizen ermöglicht bei Anbau einer gering anfälligen Sorte die Erzeugung von Qualitätsgetreide mit einem DON-Gehalt unterhalb des Grenzwertes. Bei stark befallsfördernder Witterung muss jedoch ggf. der gezielte Einsatz eines gegen *Fusarium* wirksamen Fungizides vorgesehen werden.

Tab. 1: Einfluss von Sorte, Fungizidbehandlung und Bodenbearbeitung (BB) auf den Deoxynivalenol(DON)-Gehalt (ppm) im Korn von Winterweizen. Göttingen 2001 und 2002, unterschiedliche Klein- bzw. Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, F- bzw. Tukey-Test, $p \leq 0,05$.

Sorte	Fungizidbehandlung	Bodenbearbeitung		Mittel	Mittel Sorte
		Pflug	Mulch		
gering anfällig	ohne	0,08	0,31	0,19 a	
	mit	0,08	0,17	0,12 a	
	Mittel	0,08 A	0,24 A		0,16 x
hoch anfällig	ohne	0,49	2,52	1,51 b	
	mit	0,19	0,77	0,48 c	
	Mittel	0,34 A	1,64 B		0,99 y
	Mittel BB	0,21 X	0,94 Y		

Literatur

- Anonymus, 2004: Höchstmengen für Mykotoxine in Speisegetreide. top agrar H. 1, 12.
 Pringas, C., 2004: Diss. Univ. Göttingen.
 Pringas, C. & H.-J. Koch, 2004: Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag und Qualität von Winterweizen nach unterschiedlichen Vorfrüchten – Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. Pflanzenbauwissensch. 8 (1), 24-33.

Potentiale und agronomische Probleme von Energiemaisfruchtfolgen

Dirk Kauter, Constanze Hahnfeld, Wilhelm Claupein*

Einleitung

Die Energiebereitstellung von landwirtschaftlichen Flächen gewinnt an Bedeutung. Eine Alternative zu trocken geernteter Biomasse stellt silierfähige Biomasse dar. Bei Verwendung spezieller Maissorten erhoffen sich Züchter Erträge im Bereich von 300 dt TM ha⁻¹ was, bezogen auf den Brennwert, 600 GJ bzw. 13 000 l leichtem Heizöl entspricht. Energetisch nutzbar ist silierte Biomasse über das etablierte Verfahren der Biogasgewinnung; künftige Einsatzmöglichkeiten sind Bioethanol und synthetische Kraftstoffe. Dieser Beitrag diskutiert Probleme der Biomassebereitstellung mittels Energiemais und agronomische Ansätze, um die angestrebte Ertragsleistung nachhaltig abzusichern.

Was ist Energiemais?

Energiemais wird zur Energiebereitstellung angebaut, wobei spezielle Sorten erst in Zukunft bereitstehen werden. Bei den Züchtern werden unterschiedliche Strategien verfolgt. Vorrangig wird auf ertragsstarke Silomaissorten gesetzt, die eine sichere Abreife gewährleisten; der Qualitätsaspekt wird betont [1]. Andere Züchter sehen einen linearen Zusammenhang zwischen Biotrockenmasse- und Methanertrag [2]. Hier wird an Sorten gearbeitet, in denen Kurztags- und Kältetoleranzgene in norditalienische Hohertragssorten mit hohen Reifezahlen integriert werden. Einen Überblick über gegenwärtig realisierte Erträge gibt Tab. 1.

Tab. 1: Literaturangaben zu Ertragsleistungen von Energiemais

Standort	FAO Zahl	Erträge [dt TM ha ⁻¹]	Anmerkungen	Quelle
Südliche Steiermark	290-390	190-360	angepaßte Sorten	[3]
Marchfeld (Wien)	240-360	80-200	angepaßte Sorten	[4]
Luxemburg	240-700	140-260	angepaßte und mediterrane Sorten	[2]
Deutschland (3 Standorte)		150-190	Energiemais-„Prototypen“; mangelnde Wasserversorgung 2003	[5]
Bayern		190-280	Energiemais-„Prototypen“; gute Wasserversorgung 2003	[5]

Energiemaisfruchtfolgen

In Abb. 1 sind Energiemaisfruchtfolgen(-ausschnitte) vorgestellt und analysiert, die gegenwärtig auf zwei Versuchstationen im Großraum Stuttgart mit den Zielen untersucht werden, die Ertragsleistung und die Umweltverträglichkeit abzusichern. Beim Fruchtfolgetyp IV werden als Zwischenfrüchte Grünroggen, Winterrübsen und Welches Weidelgras angebaut. Bei der Umsetzung sind folgende Bereiche generell zu beachten:

Wasserverbrauch: Bei einem Evapotranspirationskoeffizienten von 350 l kg⁻¹ TM

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart; kauter@uni-hohenheim.de

sind 875 mm Niederschlag erforderlich um 250 dt TM ha⁻¹ zu realisieren. Zwischenfrüchte über Winter erlauben eine zusätzliche Ernte, beanspruchen aber den Wasserhaushalt.

Eigenschaften des Mais und Einsatz von Zwischenfrüchten: Die Ansprüche des Mais an die Wärmesumme, besonders bei spätreifen Sortimenten, sind zu berücksichtigen. Aufgrund von Konkurrenzbeziehungen zu Zwischenfrüchten / Untersaaten muß eine optimale Abstimmung der Ertragsanteile gefunden werden.

Produktionsfaktoren: Ein Schwachpunkt bei der Verwendung von Mais ist sein hoher Nährstoffbedarf mit entsprechend negativem Einfluß auf die Energiebilanz. Hier ist daran zu denken, das ausgefaulte Gärsubstrat einzusetzen.

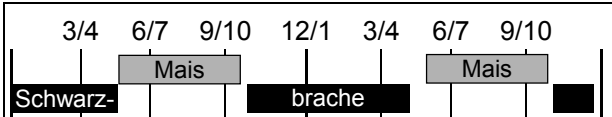
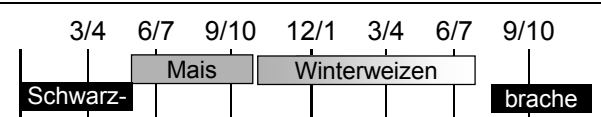
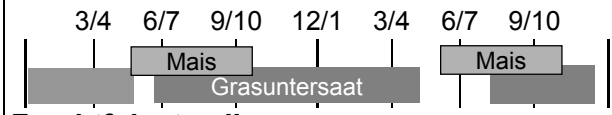
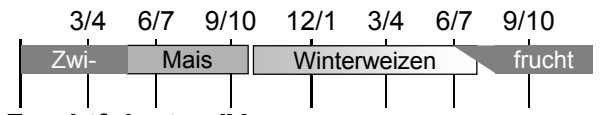
 <p>Fruchtfolgetyp I: X einfaches Management und hochproduktiv, X Keine Fruchtfolgerestriktionen für Saat- und Erntezeitpunkt, X keine Wasserkonkurrenz mit anderen Fruchtfolgegliedern Z Monokultur mit nahezu vollständiger Entfernung der organischen Substanz und den bekannten negativen Effekten auf die Nachhaltigkeit des Anbaus</p>	 <p>Fruchtfolgetyp III: X Winterung / Sommerung und C3 / C4-Arten wechseln sich ab Z enge Fruchtfolge, Z wahrscheinlich Probleme mit Krankheiten, v.a. Fusarium y Optimaler Erntetermin für Mais / Aussaat Weizen, y Weizen als Markt- oder Energiefrucht, y Auswirkungen des stark zehrenden Energiemais auf Weizenerträge</p>
 <p>Fruchtfolgetyp II: X Probleme der Maismonokultur abgeschwächt, X Effektive Maßnahme um Abnahme der Bodenfruchtbarkeit und Nährstoffauswaschung entgegenzuwirken Z Konkurrenz um Wasser, Z Einschränkungen beim Pflanzenschutz, Z Hohe Ansprüche an Saatbettbereitung und Bestellung y Erfolgreiche Etablierung der Untersaat (Beschattung und späte Ernte des Mais), y Negativer Einfluß der Untersaat auf Maiserträge, y Zusätzliche (Gras-) Ernte im Frühjahr</p>	 <p>Fruchtfolgetyp IV: X Winterung / Sommerung und C3 / C4-Arten wechseln sich ab, X Diversifizierung, X Vegetationsperiode umfassend genutzt, X ganzjähriger Bewuchs mindert Erosion und Nährstoffauswaschung, X ausgleichende Wirkung auf Humushaushalt Z Hoher Wasserverbrauch ertragslimitierend, Z Fusariumprobleme y Optimaler Termin für Maisernte / Weizenbestellung, y Optimaler Erntezeitpunkt und Nutzung von Weizen / Bestellung Zwischenfrucht, y Optimale Zwischenfrucht</p>

Abb. 1: Übersicht über die untersuchten Fruchtfolgen(-ausschnitte) und deren wichtigste Vorteile, Nachteile und offene Fragen

Literatur

- [1] T. Amon et al. (2003): Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Kleegras. Wien.
- [2] K. Maurer (2001): Bestimmung des Gasertrages verschiedener Feldfrüchte, Endbericht für Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Luxembourg.
- [3] T. Amon et al. (2004): KTBL Schrift 420, 46-61.
- [4] T. Amon et al. (2002): Methanbildungsvermögen von Mais. Parndorf.
- [5] W. Schmidt, M. Landbeck (2004): Züchtung von Energiepflanzen aus Sicht der Industrie am Beispiel Mais, unveröffentlichte Dokumentation KWS Saat AG.

Stoff- und Energieflüsse in einem Marktfruchtbetrieb der Magdeburger Börde

B. Küstermann¹, J. Abraham², O. Christen³, K.-J. Hülsbergen¹, W. Nehring⁴

Einleitung

Die Transparenz landwirtschaftlicher Produktionsprozesse und den Nachweis einer umweltverträglichen Landnutzung fordern Verbraucher Handel und Politik. Eine stärkere Berücksichtigung von Umweltbelangen ist erklärtes Ziel der zukünftigen Agrarpolitik. Es ist zu erwarten, dass Agrarförderungsmaßnahmen an die Einhaltung definierter Umweltstandards geknüpft werden (Cross Compliance, Agrar-Öko-Audit). Im Pflanzenbau und auf Betriebsebene werden Instrumente benötigt, die über die Dokumentation hinaus als Umwelt- und Qualitätsmanagementsysteme nutzbar sind.

Material und Methoden

Das computergestützte Bilanzierungsmodell REPRO kann die Grundlage von Umwelt- und Qualitätsmanagementsystemen bilden. Es wurde über einen Zeitraum von 6 Jahren in einem Marktfruchtbetrieb der Magdeburger Börde angewendet. Auf der Grundlage vollständiger Produktionsdaten erfolgt die Analyse und Bewertung mittels ausgewählter, regional abgestimmter Agrar-Umweltindikatoren. Kernstück ist die Abbildung landwirtschaftlicher Betriebssysteme anhand ihrer vernetzten Stoff- und Energieflüsse. Unter Berücksichtigung detaillierter Standortinformationen entsteht der „virtuelle Betrieb“ als Grundlage für die Analyse und Bewertung der Ist-Situation, dem Auffinden von Schwachstellen sowie der Erstellung von Plan-Szenarien. Der modulare Aufbau des Modells REPRO ermöglicht eine flexible Anpassung an die jeweilige Zielstellung und Datenlage. Betriebliche Primärdaten werden aus Ackerschlagkarteien über Schnittstellen in REPRO übernommen. Mittels standort- und bewirtschaftungsspezifischer Bewertungsfunktionen (Abb. 1)

(Hülsbergen et. al 2002) werden einzelne, in Maßeinheiten angegebene Indikatoren in dimensionslose Werte überführt und zu einem Betriebsindex zusammengeführt. Die Note 1 stellt die ökologisch günstigste, die Note 0 die ökologisch ungünstigste Situation dar.

Ergebnisse und Diskussion

Aus einer Vielzahl möglicher Indikatoren (ca. 200 - je nach Betriebstyp) werden zur Darstellung der Ergebnisse beispielhaft 3, für Region und Betrieb relevante, Agrar-Umweltindikatoren vorgestellt.

Der Stickstoffhaushalt des Untersuchungsbetriebes wird durch die stickstoffintensiven Fruchtarten Winterweizen und Raps geprägt. Er unterliegt jedoch in besonderem Maße jährlichen Schwankungen. Während in Jahren hoher Erträge hohe Nährstoffverwertungsraten und damit verbunden geringe **N-Salden** erreicht werden (Tab. 1), resultieren aus ertragsschwächeren Jahren erhöhte potentielle N-Verluste. Die Betriebsergebnisse verdeutlichen, dass zur Bewertung des N-Haushaltes mehrjährige Analysen heranzuziehen sind.

Die **Humusproduktion** wird nahezu vollständig durch die auf dem Feld verbleibenden Nebenprodukte (Stroh, Rübenblatt) gewährleistet. Im untersuchten Zeitraum

¹ LS für Ökologischen Landbau, TUM-Weihenstephan, 85354 Freising, kuestermann@wzw.tum.de

² Institut für nachhaltige Landwirtschaft Halle/Saale e.V., 06108 Halle/Saale

³ Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06108 Halle/Saale

⁴ Nehring-Isermeyer GbR, 39387 Beckendorf

werden auf fast allen Schlägen stabile Versorgungsgrade erreicht. Lediglich dort, wo aus produktionstechnischen Gründen vermehrt Hackfrüchte angebaut werden, ist ein zusätzlicher Bedarf an organischer Substanz zu erkennen.

Die **Energieintensität** entspricht dem Einsatz fossiler Energie je geernteter Produkteinheit. In der über alle Jahre hinweg sehr guten Bewertung spiegelt sich zum einen das standortbedingt hohe Ertragspotenzial zum anderen die sehr effiziente Wirtschaftsweise des Unternehmens wider.

Die Bewertung der von der landwirtschaftlichen Flächennutzung ausgehenden Umweltwirkungen belegt, dass die Produktion auf eine nachhaltige Landbewirtschaftung ausgerichtet ist. Ein Betriebsindex von 0,89 ist gut. Die Ergebnisse verdeutlichen jedoch auch, dass es nicht möglich ist alle einbezogenen Indikatoren in gleicher Weise zu optimieren. Dies ist auf jährliche Schwankungen sowie die Optimierung zwischen ökologischen und ökonomischen Zielstellungen zurückzuführen.

Für eine umfassendere Nachhaltigkeitsbewertung ist der Indikatorensatz insbesondere um Indikatoren aus ökonomischen und sozialen Bereichen zu erweitern. Hier sind interdisziplinär Indikatoren auszuwählen und regional abgestimmte Zielwerte zu finden.

Tab. 1: Bewertung anhand ausgewählter Agrar- Umweltindikatoren

a) Werte der Indikatoren

Indikator	ME	Jahr					
		1998	1999	2000	2001	2002	2003
N-Saldo*	kg N/ha	87	68	76	57	111	67
Humusversorgung	%	112	105	109	113	116	116
Energieintensität	MJ/GE	187	156	160	154	198	162

*flächenbezogener N-Saldo unter Berücksichtigung von N-Immission, symb. N-Fixierung, N-Zufuhr durch Stroh- u. Gründüngung, org. und min. N-Düngern sowie der Boden N_t-Vorratsänderung (Netto-Mineralisation/Immobilisation)

b) Bewertungsergebnis

Indikator	ME	Jahr					
		1998	1999	2000	2001	2002	2003
N-Saldo	kg N/ha	0,62	0,81	0,75	0,86	0,40	0,86
Humusversorgung	%	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98
Energieintensität	MJ/GE	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00

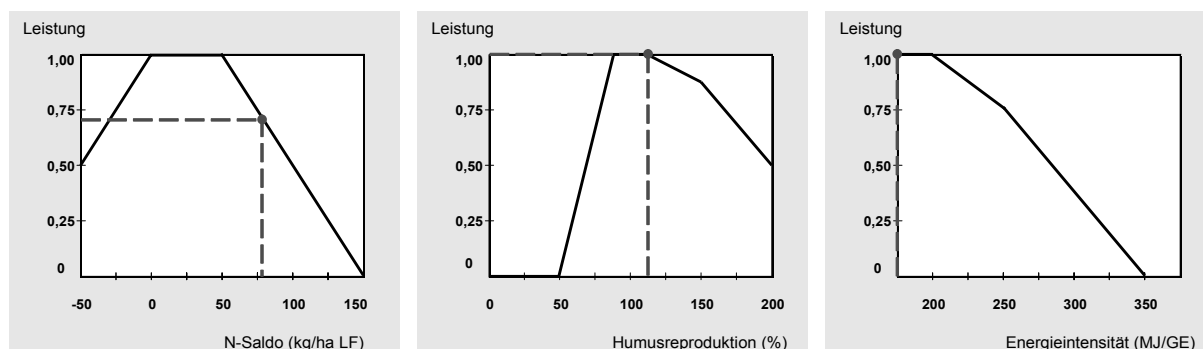


Abb. 1: Normierung der Betriebsergebnisse (1998-2003)

Literatur

Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker Verlag Aachen.
 Hülsbergen, K.-J., O. Christen, F. Holz, E. Schüler, W. Nehring & U. Kamm (2002): REPRO bewertet die Landwirtschaft. Neue Landwirtschaft 12/2002, S. 34-37.

Einfluss von Standort, Jahr und Sorte auf die symbiotische Stickstoff-Fixierleistung und den N-Flächenbilanzsaldo beim Anbau der Körnererbse (*Pisum sativum* L.)

B. Jost*, K. Schmidtke** & R. Rauber *

Einleitung

Ziel der in Kooperation mit der Landwirtschaftskammer Hannover durchgeführten Feldversuchsserie war es, eine experimentelle Datengrundlage zu schaffen, um mit Hilfe leicht erfassbarer Größen die Stickstoff-Fixierleistung und den N-Flächenbilanzsaldo beim Anbau der Körnererbse (*Pisum sativum* L.) genauer, als es bisher möglich war, zu schätzen.

Material und Methoden

Hierzu wurde die Körnererbse auf vier, hinsichtlich Boden und Klima sehr unterschiedlichen Standorten in Niedersachsen in den Jahren 1999, 2000 und 2001 angebaut: Borwede (B, Pseudogley-Braunerde, Us), Föhrste (F, Pseudogley-Braunerde, Ut3), Göttingen (G, Gley-Vega, Ut4), Groß Malchau (M, Pseudogley-Braunerde, Su2). Die Erbse war mit 4 Sorten (normalbeblättert: Bohatyr, halbblattlos: Eiffel, Loto, Swing) bei einer Aussaatstärke von 80 keimfähigen Samen/m² in dem Versuch integriert. Die oberirdische Biomasse wurde aus Teilflächen (1,44 m²) zur Totreife (BBCH 89) beerntet. Die Wurzelmasse wurde mit Hilfe von Rammkernsonden beprobt (Ø 8,9 cm, 0-50 cm Tiefe, pro Parzelle je 2 Bohrungen auf der Reihe und zwischen den Reihen; Jost 2003). Mithilfe der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode wurde die aus der N₂-Fixierung stammende N-Menge in Spross und Wurzeln geschätzt (Shearer & Kohl 1986, Referenzfrucht Raps) und ein vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (symbiotisch fixierte N-Menge in Spross und Wurzel minus Korn-N) berechnet. Wesentliche Standorteinflüsse sind in **Abb. 1** zusammengefasst.

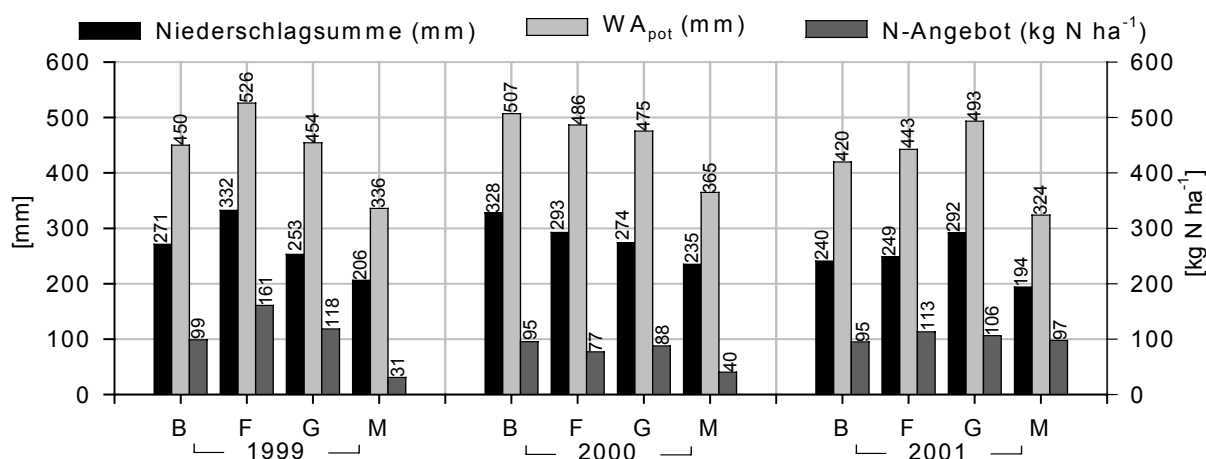


Abb. 2: Niederschlagssumme (NS) in der Vegetationsperiode, potentielles Wasserangebot (WA_{pot} = Summe aus NS und nutzbarer Feldkapazität des effektiven Wurzelraums) sowie N-Angebot im Boden (= akkumuliertes N in Spross und Wurzel-N der nicht mit Stickstoff gedüngten Referenzpflanze als Maß für das N-Angebot im Boden)

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Georg-August-Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

** Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 2: In Spross und Wurzel enthaltene symbiotisch fixierte N-Menge und N-Flächenbilanzsaldo beim Anbau von Erbse an den Standorten Borwede (B), Föhrste (F), Göttingen (G) und Groß Malchau (M)

	1999				2000				2001			
	B	F	G	M	B	F	G	M	B	F	G	M
Sorte	N ₂ -Fixierleistung (kg N ha ⁻¹)											
Bohatyr	148,6	138,2	138,4	72,8	201,2	145,4	154,3	119,6	148,4	217,1	128,0	50,6
Eiffel	168,0	140,7	120,0	87,1	171,0	128,2	137,3	113,6	267,1	178,1	123,0	77,8
Loto	154,8	165,6	137,4	95,5	265,2	159,7	151,5	114,5	158,1	133,5	118,1	53,5
Swing	156,1	165,5	133,3	91,6	168,2	148,8	170,9	116,7	220,1	140,0	113,3	52,2
MW	156,9	152,5	132,3	86,8	201,4	145,5	153,5	116,1	198,4	167,2	120,6	58,5
	N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha ⁻¹)											
Bohatyr	+10,2	+19,6	-7,5	+3,2	+39,5	+13,5	+2,7	+14,0	+27,1	+45,6	+0,9	-50,3
Eiffel	+17,4	-0,4	-28,2	-4,0	+21,5	-4,5	-10,4	+9,0	+86,3	+12,1	-12,1	-58,9
Loto	-16,7	+3,4	-26,7	-13,8	+10,0	+1,8	+6,1	+5,3	+12,9	+3,1	-15,5	-43,6
Swing	+8,6	+17,9	-9,4	+4,8	+32,3	+18,9	+21,1	+7,4	+63,9	-18,6	-2,3	-29,5
MW	+4,9	+10,1	-17,9	-2,4	+25,8	+7,4	+4,9	+8,9	+47,5	+10,5	-7,3	-45,6

Der Einfluss der Sorte auf die Höhe der symbiotischen N₂-Fixierleistung und des N-Flächenbilanzsaldos war vergleichsweise gering (**Tab.1**). Die symbiotische N₂-Fixierleistung wurde auf dem Standort mit geringen Wasserangebot (Groß Malchau) in allen geprüften Jahren deutlich begrenzt. Die N₂-Fixierleistung lag zwischen 50,6 (M: 2001) und 267,1 kg N ha⁻¹ (B: 2001) bei einem Anteil Stickstoff aus der Luft in der Biomasse zwischen 0,37 (M: 2001) und 0,97 (B: 2000). Die Erbsen nahmen zwischen 5,9 (B: 2000) und 102 kg N ha⁻¹ (M: 2001) aus bodenbürtiger Quelle auf. Ein geringes Wasserangebot bei gleichzeitig hohem N-Angebot im Boden führte am Standort Groß Malchau im Jahr 2001 bei allen geprüften Erbsensorten zu negativen N-Flächenbilanzsalden. Hingegen waren am Standort Borwede bei begrenztem Wasser- und bodenbürtigem N-Angebot im Jahr 2001 im Mittel der Sorten deutlich positive N-Salden zu verzeichnen (Tab. 1). Es wurden Korn-Trockenmassen zwischen 20,1 und 66,6 dt TM ha⁻¹ ermittelt. Mit dem Korn wurden zwischen 69,6 (M: 1999) und 255,3 kg N ha⁻¹ (B: 2000) von den Flächen abgeführt, bei einem N-Harvest-Index der gesampflanzlichen N-Menge zwischen 0,52 (B: 2001) und 0,82 (M: 1999). Anhand der Regressionen zwischen dem Korn-TM-Ertrag und der Korn-N-Menge ($r^2=0,88^{***}$) und der gesampflanzlichen N-Menge ($r^2=0,82^{***}$) war es möglich, ein Kalkulationsverfahren zur Schätzung der N₂-Fixierleistung und N-Flächenbilanz zur Anwendung in der land- und wasserwirtschaftlichen Fachberatung bereitzustellen. In diesem Verfahren werden auch die aus der Symbiose stammenden und über N-Rhizodeposition in den Boden abgegebenen N-Mengen der Erbsen berücksichtigt (Schmidtke, 2001).

Literatur

- Jost, B., 2003: Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *Lupinus luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa*. Diss. (agr.) Universität Göttingen. <http://webdoc.sub.gwdg.de/dis/2003/jost/index.html>
- Schmidtke, K., 2001: Umweltgerechter Anbau von Leguminosen (Az. 07312). Abschlußbericht des Forschungsvorhabens, gefördert von der DBU, Osnabrück (Dezember 2001), 1-234.
- Shearer, G. und D.H. Kohl, 1986: N₂ fixation in field settings: estimation based on natural ¹⁵N abundance. Australian Journal of Plant Physiology 13, 699-756.

Bewertung der Druckbelastung an ackerbaulich genutzten Böden aus Rheinland-Pfalz

J. Rücknagel*, B. Hofmann** & O. Christen**

Einleitung

Das Bodengefüge entscheidet maßgeblich über die Wachstumsbedingungen der Kulturpflanzen. Der Schutz des Bodengefüges besitzt deshalb besondere Priorität. Der folgende Beitrag berichtet auf Basis von Beispielschlägen in Rheinland-Pfalz über einen Bewertungsansatz zur Vermeidung technogener Schadverdichtungen.

Material und Methoden

In den Jahren 2003/04 wurden auf Ackerschlägen der Landkreise Mainz-Bingen und Bad Kreuznach bodenphysikalische Untersuchungen durchgeführt. Die Untersuchung des Druck-Setzungsverhaltens im Ödometer unter drainierten Bedingungen, bei behinderter Seitendehnung und Feldkapazität diente der Ableitung von Belastbarkeitswerten der Böden. Für die untere Ackerkrume (18-24 cm) wurden diese unter Nutzung substratspezifischer Lagerungsdichtegrenzwerte, der Luftkapazität und der gesättigten Wasserleitfähigkeit abgeleitet. Sie sollen die langfristige Erhaltung wichtiger Bodeneigenschaften und der Ertragsfunktion sichern. Mittels Vorbelastung wird die Belastbarkeit der krumennahen Unterböden (32-38 cm) gekennzeichnet. Sie gewährleistet, unabhängig vom bodenökologischen Zustand, die Erhaltung des bestehenden Gefügestandes, da negative Veränderungen durch Bodenbearbeitung und pflanzenbauliche Maßnahmen praktisch nur schwer zu regenerieren sind. Die Belastbarkeiten für die Feuchtestufen 75-98 % und <75 % der Feldkapazität wurden aus den gemessenen Werten anhand verschiedener Literaturquellen geschätzt (LEBERT 1989). Reifenbreite, Reifendurchmesser und Reifeninnendruck der im Zeitraum 1999-2002 (Schlag „Flurweg“ ab 1997) zum Einsatz gekommenen Maschinen dienten als technische Parameter zur Berechnung der Bodendrucke (größte Hauptspannung δ_1) in 20 und 35 cm Tiefe. In Abhängigkeit von der Bodentiefe, der Bearbeitung des Schlages und der Bodenfeuchtestufe wurden die zur Berechnung der Druckfortpflanzung verwandten Konzentrationsfaktoren gewählt. Die Werte orientieren sich an der Zusammenstellung zahlreicher Bodendruckmessungen verschiedener Versuchsansteller (KOOLEN et al. 1992). Des Weiteren werden in die Berechnungen Wahrscheinlichkeiten des Auftretens der drei Bodenfeuchtestufen >98 %, 75-98 % und <75 % der Feldkapazität einbezogen. Diese sind aus Simulationsdaten des Deutschen Wetterdienstes für den Bodenfeuchteverlauf bis 60cm Tiefe des Standorts Frankfurt-Main und der Kulturen Winterweizen und Zuckerrüben abgeleitet worden. Basis für die Zusammenfassung der Wahrscheinlichkeiten sind die Jahre 1992-2002. Aus den Logarithmen der errechneten Bodendrücker und der Gefügestabilität kann für jede der drei Feuchtestufen eine Differenz berechnet werden, welche die Über- oder Unterschreitung der Belastbarkeit charakterisiert. Unter Einbeziehung der jeweiligen Wahrscheinlichkeit der Bodenfeuchte errechnet sich der Belastungsindex jeder Befahrung. Dieser wird anhand der Bewirtschaftungsdaten der Schläge für verschiedene Verfahrensabschnitte ausgewiesen (Tab.1). Eine Bewertungsfunktion mit der Ordinate von 0 bis 1,0 als Leistungsskala dient der Einordnung der Ergebnisse.

* DLR-RNH Rüdeshheimer Str. 60-68; 55545 Bad Kreuznach

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

Auf ihr sind als Eckpunkte die Indices 0,2 (= Leistung 0,8) und 0,45 (= Leistung 0) zugeordnet.

Ergebnisse und Diskussion

In der unteren Ackerkrume besitzen nur die Schläge „Chausseehaus oben“ und „Auf dem Rad“ Gesamtindices von $>0,2$. Diese sind bei „Chausseehaus oben“ auf die regelspurabhängigen Verfahrensabschnitte Mineraldüngung und Pflanzenschutz zurückzuführen, während der Wuchsraum einen deutlich geringeren Index aufweist. Der Schlag „Auf dem Rad“ hat auch im regelspurunabhängigen Fahrbereich einen Index von $>0,2$. Ursache hierfür ist eine ungünstige Abstimmung von Bereifung und Reifeninnendruck der Traktoren in Verbindung mit der Durchführung von Arbeitsgängen in Zeiten zu hoher Bodenfeuchten und damit Druckempfindlichkeit. Im krummennahen Unterboden wurde nur bei der Bodenbearbeitung auf dem Schlag „Millitärstr. links“ ein Index $>0,2$ berechnet. Dieser resultiert aus der geringen Vorbelastung nach der Lockerung der Krumbasis mit einem unterhalb des Pflugkörpers angebrachten Dorns und der hohen Druckbelastung durch das Befahren der Furchensohle beim Pflügen. Auf dem Großteil der untersuchten Flächen sind die Indices sehr niedrig. Dies begründet sich in erster Linie mit der klimatischen Situation der Untersuchungsregion, die mit Jahresniederschlägen von 550 mm fast zum Trockengebiet gezählt werden kann. Damit erhöhen niedrige Bodenwassergehalte die Stabilität des Gefüges und mindern die Druckfortpflanzung im Boden. Des Weiteren ist auf den pfluglos bearbeiteten Flächen ebenfalls eine verringerte Druckfortpflanzung die Ursache geringer Indexzahlen.

Tab. 1: Belastungsindices der untersuchten Schläge für 20 und 35 cm Bodentiefe

Schlag	"Im Brühl"	"Auf der Grube"	"Chausseehaus oben"	"Auf dem Rad"	"Millitärstr. links"	"Flurweg"
Grundbodenbearbeitung	pfluglos	pfluglos	pfluglos	Pflug	Pflug+Dorn	pfluglos
20 cm Bodentiefe						
Bodenbearbeitung	0,02	0,04	0,07	0,28	0,09	0,09
Bestellung	0,03	0,03	0,12	0,36	0,14	0,13
Mineraldüngung	0,04	0,01	0,43	0,43	0,11	0,13
Pflanzenschutz	0,04	0,01	0,32	0,47	0,14	0,12
Hauptprodukternte	0,04	0,02	0,13	0,19	0,01	0,11
Regelspurabhängig	0,04	0,01	0,31	0,44	0,13	0,13
Regelspurunabhängig	0,03	0,03	0,09	0,29	0,08	0,10
Gesamt	0,03	0,02	0,20	0,35	0,10	0,12
35 cm Bodentiefe						
Bodenbearbeitung	0,01	0,00	0,02	0,08	0,23	0,00
Bestellung	0,00	0,00	0,01	0,04	0,10	0,01
Mineraldüngung	0,00	0,00	0,08	0,02	0,04	0,00
Pflanzenschutz	0,00	0,00	0,05	0,02	0,03	0,00
Hauptprodukternte	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00
Regelspurabhängig	0,00	0,00	0,05	0,02	0,05	0,00
Regelspurunabhängig	0,00	0,00	0,02	0,05	0,13	0,00
Gesamt	0,00	0,00	0,03	0,04	0,10	0,00

Literatur

- LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Bayreuth: Bayreuther Bodenkundliche Berichte, Band 12.
- KOOLEN, A.J. et al. (1992): Prediction of aspects of soil-wheel systems. Soil & Tillage Research 24, 381-396

Vielfalt der Segetalfloren im europäischen Klimagradient bei unterschiedlicher Bewirtschaftung der Ackerflächen

Jörg Hoffmann¹, Laszlo Radics², Michael Glemnitz³ & Gyula Czimber⁴

Einleitung

Ackerland nimmt in den Ländern der EU knapp 24% der gesamten Fläche ein. Es besitzt somit neben seiner Funktion zur Produktion von Nahrungsmitteln auch eine große Bedeutung für die Erhaltung der biologischen Vielfalt. Die floristische Vielfalt wird im Ackerbau u.a. maßgeblich durch die Nutzungsart und -intensität sowie die klimatischen Bedingungen beeinflusst. Ackerbaugebiete weisen daher eine von Standort und Nutzung abhängige Artendiversität auf. Um den Beitrag ackerbaulicher Maßnahmen für den Erhalt der biologischen Vielfalt unter Berücksichtigung der genannten Einflussfaktoren analysieren zu können, wurden botanische Untersuchungen zur Ermittlung der floristischen Artenvielfalt auf Ackerflächen in einem Klimatransekt von Süd- nach Nordeuropa durchgeführt (Radics et al. 2004).

Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten in Getreidekulturen bei konventioneller und extensiver/ökologischer Bewirtschaftung sowie auf selbstbegrüntem Ackerbrachen in neun Regionen Europas (Tab. 1) über drei Jahre. Je Jahr und Gebiet wurden neun und somit insgesamt 210 Ackerflächen untersucht. In jedem Gebiet wurde die Artenkomposition (Vielfalt, Häufigkeit) differenziert nach Bewirtschaftungstyp ermittelt. Die botanischen Aufnahmen erfolgten etwa zur gleichen Phänophase des Getreides kurz vor bis gering nach der Blüte. Die Analyse der Daten wurde unter Verwendung statistischer Methoden, u.a. der Kanonischen Korrelationsanalyse (SYN-TAX 5.1) vorgenommen, um neben Aussagen zur floristischen Vielfalt auch charakteristische Arten/Artengruppen für Klima und Landnutzung zu identifizieren.

Tab. 1: Untersuchungsregionen, Temperaturbedingungen und Boniturzeit im Klimatransekt von Süd- nach Nordeuropa

Region	Land	Temperatur(Jahresmittel)	Boniturzeit
Lecce	Italien	16,4 °C	Ende April/Anfang Mai
Roma	Italien	15,0 °C	Anfang Mai/Mitte Mai
Milano/Udine	Italien	11,8 °C	Mitte Mai/Ende Mai
Magyarovar	Ungarn	9,7 °C	Anfang Juni
Müncheberg	Deutschland	8,3 °C	Mitte Juni
Osby	Schweden	6,9 °C	Ende Juni
Uppsala	Schweden	5,1 °C	Ende Juni/Anfang Juli
Vaasa	Finnland	3,5 °C	Mitte Juli
Akermark	Schweden	1,0 °C	Ende Juli

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 768 Pflanzenarten ermittelt. Diese Zahl kommt den in Hanf (1982) aufgeführten gut 800 Wildpflanzenarten der europäischen Unkrautflora bereits sehr nahe. Da im Projekt nur Getreidekulturen untersucht wurden und frühjahrsannuelle

¹ FAL, Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

² Szent Istvan University Budapest, Department of Ecological and Sustainable Production Systems, POBox 53, Villanyi ut 29-35, HU-1518

³ ZALF, Institut für Landnutzungssysteme, Eberswalder Str. 84, D-15374 Müncheberg

⁴ University of Western Hungary, POBox 90, Var. 2, HU-9201 Mosonmagyarovar

sowie spätkeimende Pflanzenarten nicht ausreichend erfasst werden konnten, ist bereits in den ausgewählten, relativ kleinen Projektregionen eine zu Hanf (1982) vergleichbare bzw. höhere Artenvielfalt der Wildpflanzenarten auf Ackerflächen zu erwarten. Die Artenvielfalt der Segetalfloren Europas wird jedoch deutlich höher liegen, nach Schätzwerten um den Faktor 2 bis 3, was etwa 10% der floristischen Artenvielfalt aller Gefäßpflanzen Europas entspräche.

Innerhalb der einzelnen Regionen existiert ein ausgeprägter Gradient der Artenvielfalt. Den artenreichsten Lebensraum bilden einjährige Brachen als Regenerationsflächen für viele der seltenen und spezialisierten Segetalarten. Sie beherbergen jedoch auch weit verbreitete Problemarten sowie eine Reihe für die Ackernutzung untypische Pflanzenarten. Ihnen folgen die extensiv/ökologisch bewirtschafteten Flächen, auf denen der Anteil seltener und spezialisierter Arten überwiegt. Infolge der Herbizidanwendung war der Unkrautbesatz (Deckungsgrad) auf den intensiven Flächen insgesamt geringer, die Artenvielfalt jedoch mit Ausnahme weniger Reliktvorkommen seltener Arten auf weit verbreitete Generalisten – die typischen Problemunkräuter der Äcker – reduziert. Bei diesen Arten handelt es sich zumeist um klimatisch indifferente Arten, die im Gegensatz zu der Mehrzahl der stärker standortspezialisierten Arten über das gesamte Temperaturspektrum von Süd- nach Nordeuropa anzutreffen waren. Beispiel für diese Artengruppe ist *Cirsium arvense*.

Im Klimagradient nimmt die Artenvielfalt von den mediterranen Regionen in Italien zu den kühlen Regionen in Finnland und Nordschweden erwartungsgemäß signifikant ab. Mit Hilfe der statistischen Analysen ließen sich für die unterschiedlichen klimatischen Regionen charakteristische Artengruppen identifizieren, was der häufig geäußerten Meinung einer ausschließlich nutzungsabhängigen Verbreitung der Segetalarten entgegen steht. Zu den markanten mediterranen Segetalarten zählt z.B. *Gladiolus segetum*, zu den nordischen Arten *Galeopsis speciosa*. Die Anzahl der klimadifferenzierenden bzw. der stärker den regionalen Klima- und Standortbedingungen angepassten Arten ist auf den artenreichen Flächen (Brache, extensiv/ökologisch) hoch, dagegen auf den intensiven Flächen gering.

Als Beitrag zum Erhalt der floristischen Artenvielfalt in Europa sollten die spezifisch an die Ackernutzung gebundenen Arten und die floristische Vielfalt der Ackerflächen weitergehend untersucht werden, da bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine verlässlichen Angaben über diese durch Intensivierung zunehmend gefährdete Artengruppe vorliegen. Die Landwirtschaft sollte zudem neben der obligatorischen Unkrautbekämpfung auch Aspekte des Schutzes der Segetalarten in das Management der Ackerflächen einbeziehen um einen adäquaten Beitrag zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in den Agrarlandschaften Europas zu leisten.

Literatur

- Hanf, M. (1982): Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen. BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen. 496 S.
- Radics, L.; Glemnitz, M.; Hoffmann, J.; Czimber, Gy. (2004): Composition of weed floras in different agricultural management systems within the European climatic gradient. 6. EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Lillehammer, Norway, 8-10 March: 39-49.

Leistung und Umweltwirkung von Winterweizen in komplexen Produktionssystemen des integrierten und ökologischen Landbaus unter den Bedingungen des mitteldeutschen Trocken-Lößgebietes

Frank Reinicke, Kurt-Jürgen Hülsbergen, Olaf Christen*

Einleitung

Winterweizen stellt auf den besseren Böden für alle Ackerbausysteme eine wirtschaftlich lukrative und anbautechnisch günstige Fruchtart dar. Im konventionellen Landbau haben ein hoher Fruchtfolgeanteil sowie die Realisierung von Höchstserträgen mit entsprechenden Qualitäten häufig intensive Düngung und Pflanzenschutz zur Folge. Unter den Rahmenbedingungen des ökologischen Landbaus müssen über günstige Fruchtfolgen und organische Düngung hohe Erträge realisiert werden. In der Versuchsstation Bad Lauchstädt wird seit 1998 ein Dauerfeldversuch zur Untersuchung ökologischer und integrierter Anbausysteme durchgeführt. Analysiert werden langfristige Wirkungen komplexer, in sich schlüssiger Betriebssysteme auf Pflanze, Boden und Umwelt. Innerhalb der Systeme können Aussagen zur ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit zum Winterweizenanbau gemacht werden.

Material und Methoden

Das Versuchsfeld befindet sich am Ostrand des Schwarzerdegebietes Sachsen-Anhalt (463 mm Jahresniederschlag; 9,0 °C Durchschnittstemperatur). In der Versuchsgestaltung wird zwischen viehhaltenden (Futterbau/Stallmistdüngung) und viehlosen Betriebsformen (Marktfrucht/Stroh- und Gründüngung) differenziert. Die Grundbodenbearbeitung umfasst die Prüfung von konventionellen (Pflug) und strukturschonenden Verfahren (Grubber im integrierten; Zweischichtenpflug im ökologischen Versuchsteil). Geprüft werden in einer sechsfeldrigen Fruchtfolge jedes Jahr: Klee-Luzerne-Gras - Silomais (mit Vieh) bzw. Kartoffel (viehlos) - Winterweizen – Wintergerste - Körnererbsen - Winterroggen.

Zusammen mit einer flexiblen Boden- und Bestandesführung in Abhängigkeit von der spezifischen Situation in den einzelnen Systemen wurden bezüglich Futterproduktion, Tierleistung und Anfall organischer Dünger vollständige Systeme abgebildet. Es handelt sich somit um einen dynamischen Feldversuch.

Ergebnisse und Diskussion

Unter den Standortbedingungen werden im ökologischen Anbau von Winterweizen etwa 77 % des Kornertrages der integrierten Bewirtschaftung erzielt (Tab. 1). Sowohl im integrierten als auch im ökologischen Versuchsteil waren im Mittel der Jahre die Erträge in den viehlosen Systemen signifikant höher als in den viehhaltenden Systemen. So konnte im integrierten Anbau auch eine bestandesabhängige Mineral-N-Düngung (N_{\min} -Beprobung, Nitratschnelltest) die unterschiedlichen systemimmanenten Anbaubedingungen nicht vollständig ausgleichen. Im ökologischen Anbau wirkte sich in der Fruchtfolge mit Vieh der Verbleib der Silomaisstoppel auf der Oberfläche bei reduzierter Bodenbearbeitung zusätzlich ertragsmindernd aus.

Die Rohproteingehalte betragen in den integrierten Systemen etwas über 13 %. Die ökologische Produktion erreichte bei viehloser Bewirtschaftung 12 % und bei viehhaltenden Bewirtschaftung 11 %.

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

Tab. 3: Winterweizenerträge in Abhängigkeit vom Anbausystem (1999-2003)

Variante	1999	2000	2001	2002	2003	Mittel
integriert						
viehhaltend/Pflug	87,0 a	66,9 b	86,8 ab	45,6 ab	80,2 ab	73,3 b
viehhaltend/Grubber	82,8 a	70,5 b	90,7 a	40,6 b	72,5 b	71,4 b
viehlos/Pflug	87,6 a	84,3 a	83,3 b	44,5 ab	81,2 a	76,2 a
viehlos/Grubber	82,6 a	82,7 a	90,5 a	45,9 a	76,9 ab	75,7 a
GD _{int}	5,2	5,4	4,5	5,1	8,4	2,3
ökologisch						
viehhaltend/Pflug	56,9 a	46,1 b	68,2 b	24,2 bc	65,4 a	52,2 b
viehhaltend/ZSP*	51,9 a	43,1 b	62,6 b	21,8 c	64,6 a	48,8 c
viehlos/Pflug	53,4 a	80,5 a	81,3 a	29,3 ab	69,1 a	62,7 a
viehlos/ZSP*	49,4 a	79,6 a	84,0 a	33,1 a	69,8 a	63,2 a
GD _{öko}	10,1	7,1	7,1	7,2	7,0	3,2

* Zweischichtenpflug

Die Stickstoffbilanzen sind stark durch den Nährstofftransfer aus der organischen Düngung zur Vorfrucht geprägt (Tab 2). Die viehlosen Systeme wiesen trotz des Verbleibs von Stroh auf den Fläche einen negativen Saldo auf. Die Energiebilanzen zeigten sich entsprechend des Ertragsniveaus sehr günstig (Tab. 3). Bodenschonende Anbauverfahren wirkten intensitätsmindern.

Tab. 4: N-Bilanz (kg N/ha) in Abhängigkeit vom Anbausystem (1999-2002)

Kennzahl	integriert				ökologisch			
	viehhaltend		viehlos		viehhaltend		viehlos	
	Pflug	Grubber	Pflug	Grubber	Pflug	ZSP*	Pflug	ZSP*
Hauptfrucht: Winterweizen								
N-Entzug	143,2	141,0	155,1	158,6	74,9	73,6	118,0	111,3
N-Zufuhr	148,5	150,8	154,5	171,9	47,6	47,6	70,5	67,0
organ. Düngung	0,0	0,0	26,3	24,8	0,0	0,0	22,9	19,5
mineral. Düngung	100,0	102,5	80,0	98,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Δ Boden-N	-25,6	-23,2	10,0	16,6	-39,5	-37,0	-28,0	-26,3
N-Saldo	30,6	33,0	-10,6	-3,3	12,2	11,0	-19,4	-18,0
N _{min} (Frühjahr)	44,1	43,4	78,5	75,2	62,5	55,7	99,5	87,6
Vorfrucht: Silomais/Kartoffel								
N-Saldo	88,7	103,7	46,5	45,2	107,6	107,8	43,0	38,9
Vorvorfrucht: Klee-Luzerne-Gras								
N-Saldo	-53,2	-51,5	118,2	117,2	-60,3	-55,4	138,3	140,6

Tab. 5: Energiebilanz (GJ/ha, ohne Nebenprodukte) in Abhängigkeit vom Anbausystem (1999-2002)

Kennzahl	integriert				ökologisch			
	viehhaltend		viehlos		viehhaltend		viehlos	
	Pflug	Grubber	Pflug	Grubber	Pflug	ZSP	Pflug	ZSP
Energiebindung	114,48	113,99	119,84	120,61	78,16	71,75	97,78	98,39
GE-Ertrag	76,58	76,25	80,16	80,68	52,28	48	65,41	65,81
Energieeinsatz	8,86	8,02	8,15	7,91	4,67	3,73	4,74	3,81
indirekte Energie	6,05	6,02	5,33	5,9	2,04	1,93	2,05	1,95
direkt Energie	2,81	2	2,82	2,01	2,63	1,8	2,69	1,86
Energiegewinn	102,9	103,25	108,97	109,98	70,82	65,36	90,37	91,91
Output/Input-Verhältnis	12,62	13,87	14,36	14,9	16,16	18,54	20,05	25,15
Energieintensität*	118,47	107,77	104,09	100,31	92,54	80,64	74,54	59,44

* in MJ/GE

Einfluss variabler Durchwurzelungsintensität auf Wasser- und Nährstoffaufnahme des Wurzelsystems

Michael Kohl & Henning Kage *

Einleitung

Durch die Kopplung von Struktur- und Funktionsmodellen kann ein wichtiger Beitrag zur Erforschung pflanzenbaulicher Anbausysteme erwartet werden. Ein Teilprojekt der DFG-Forschergruppe 472 -*Virtual Crops*- befasst sich mit dieser Aufgabenstellung am Beispiel des Wurzelsystems der Sommergerste.

Für die Abbildung der Funktionsweise eines Wurzelsystems ist eine adäquate Beschreibung der Transportprozesse im Boden unabdingbar. Die Nährstoff- und Wasseraufnahme eines Wurzelsystems lässt sich mit Hilfe mechanistischer Stofftransportmodelle quantifizieren. Um die Wirkung unterschiedlicher Wurzelsystemarchitekturen auf die Aufnahmeleistung erfassen zu können, müssen diese jedoch die Variabilität der Durchwurzelungsintensität auch innerhalb einer Bodenschicht explizit berücksichtigen.

Hierbei sind verschiedene Lösungswege denkbar, die sich hinsichtlich ihrer Komplexität unterscheiden. An dieser Stelle wird die Leistungsfähigkeit eines Verfahrens, das eine zweidimensionale Erfassung der Transportprozesse im Boden erlaubt, mit einem vereinfachten eindimensional – stochastischen Modellansatz verglichen.

Material und Methoden

Ein Wurzelsystem lässt sich näherungsweise durch **homogen verteilte, parallel angeordnete zylindrische Bodenkörper** beschreiben, die jeweils den Einzugsbereich einer einzelnen Wurzel umfassen und in deren Mitte sich die Wurzel befindet (sog. **Einzelwurzelmodellansatzes**, Nye & Spiers, 1964).

Massenfluss und Diffusion sind die Triebkräfte der Nährstoff-Transportvorgänge innerhalb des Bodenzylinders. Sie können mit Hilfe partieller Differentialgleichungen quantifiziert werden (im Bsp. für nicht an der Bodenmatrix sorbierte Ionen):

$$\frac{\partial C_1 \theta}{\partial t} = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot D_1 \cdot f(\theta) \cdot \theta \cdot \frac{\partial C_1}{\partial r} + r \cdot J_w \cdot C_1 \right)$$

wobei C_1 die Nährstoffionenkonzentration der Bodenlösung, θ den volumetrischen Wassergehalt des Bodens, t die Zeit, r die Entfernung zum Wurzelzentrum, D_1 den Diffusionskoeffizienten des Nährstoff-Ions in Wasser, $f(\theta)$ den Tortuositätsfaktor und J_w die Wasserflussdichte bezeichnet.

Mit Hilfe der sog. Dirichlet-Tesselation werden punktförmigen Verteilungsmustern Einzugsgebiete zugewiesen, die als Thiessen- oder Voronoi-Polygone bezeichnet werden. Dieses Verfahren kann auch auf Wurzelschnittpunkte mit realen oder rechnerisch ermittelten Ebenen angewandt werden (vgl. Abb. 1). Aus Mittelwert und Variationskoeffizient der Größe der Polygone lassen sich Schätzwerte einer -häufig lognormalen- Verteilungsfunktion der Wurzellängendichte (WLD) ableiten. Durch eine Berechnung der maximalen Nährstoffaufnahmeleistungen für einzelne Klassen

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel.

unterschiedlicher Wurzellängendichten innerhalb einer Bodenschicht kann der Einfluss der Variation der Durchwurzelungsintensität abgebildet werden.

Dieser Nahrungsansatz wurde mit einem rechnerisch aufwändigeren Modell verglichen. Hierbei wurden in einer gedachten Ebene die Positionen von Wurzeln als punktförmige Senken angenommen und mit hoher räumlicher Auflösung der zweidimensionale Diffusionsfluss berechnet. Die Abnahme der mittleren Konzentration gibt hierbei die Aufnahmeeffizienz der abgebildeten Wurzelsystemarchitektur wieder.

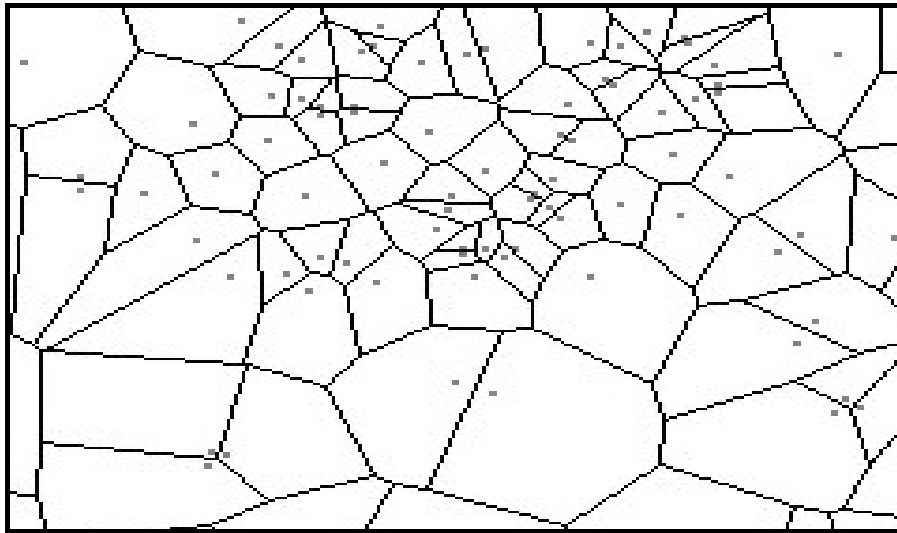


Abb. 1: Vertikales Wurzelverteilungsmuster und korrespondierende Voronoi-Polygone unter einem Ackerbohnenbestand (Fläche von ca. 25 x 20 cm²).

Ergebnisse und Diskussion

Dargestellt wird ein Vergleich beider Rechenverfahren an Fallbeispielen mit homogener bzw. inhomogener Wurzelverteilung.

Literatur

Nye P.H. & Spiers J.A. (1964) *Simultaneous diffusion and mass flow to plant roots*. Paper presented at the 8th Int. Congr. Soil Sci. (Bucarest).

Auswirkungen einer Low-Input-Strategie im Pflanzenschutz auf Erträge und N-Verwertung

Stephan Deike*, Bernhard Pallutt**, Olaf Christen*

Einleitung

Auf dem Versuchsstandort Dahnsdorf (Land Brandenburg) der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft wurde 1995 ein Dauerversuch angelegt, der zur Erarbeitung von Strategien für eine dauerhaft erfolgreiche und umweltverträgliche Anwendung von Pflanzenschutzmitteln beitragen soll. Hierbei werden situationsbezogene Aufwandmengen von Herbiziden und Fungiziden im Getreide sowie Herbiziden und Insektiziden in Winterraps und Erbsen im Vergleich zu dazu halbierten Aufwandmengen geprüft. Neben populationsdynamischen Untersuchungen des Schaderregeraufkommens wird anhand der Erträge und Eiweißgehalte die Ausnutzung der mineralischen N-Düngung ermittelt, um eine umfassende Beurteilung von Möglichkeiten und Grenzen eines verminderten Aufwandes an Pflanzenschutzmitteln vornehmen zu können.

Material und Methoden

Die südwestlich von Potsdam im Fläming gelegenen Versuchsflächen sind heterogen. Die Bodenwertzahlen liegen im Mittel bei 48, variieren aber im Bereich von 35-55. Vorherrschend ist ein starklehmiger Sand. Das Klima ist trocken-kontinental (durchschnittliche Niederschlagsmenge= 536mm a⁻¹, mittlere Jahrestemperatur= 8,4°C); häufig tritt eine ausgeprägte Vorsommertrockenheit auf.

In der zweifaktoriellen Spaltenanlage gibt es in den zwei Intensitätsstufen (optimal, extensiv) jeweils eine Parzelle ohne chemischen Pflanzenschutz (UK), mit alleiniger Herbizid- (H) bzw. Fungizidapplikation (F), sowie mit kombinierter Herbizid- und Fungizidanwendung (HF). Die Dosierung der Pflanzenschutzmittel bei optimaler Intensität erfolgt situationsbezogen unter Einbeziehung von Schadensschwellen. In der Low-Input-Stufe werden im Vergleich dazu halbierte Aufwandmengen appliziert. Weiterhin wurde in den Erntejahren 1997-2001 in der Extensiv-Variante die N-Düngung halbiert. In den Jahren 2002 und 2003 wurde in beiden Stufen die gleiche N-Menge ausgebracht. Das Düngungsniveau der Optimal- Variante lag beim Getreide im Bereich von 120-160 kg N ha⁻¹ a⁻¹. Die Untersuchungen erfolgten in einer sechsfeldrigen Fruchtfolge bestehend aus Winterraps – Winterweizen1 – Winterroggen – Erbsen – Winterweizen2 – Wintergerste.

Die N-Bilanzrechnung wurde unter Einbeziehung der N-Gehalte mit dem Modell REPRO durchgeführt. Es wurde eine N-Immission von 30kg ha⁻¹ a⁻¹ zugrunde gelegt.

Im folgenden werden nur die Ergebnisse vom Wintergetreide dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Unterschiede im Ertragsniveau zwischen der Optimal- und Extensiv-Variante waren im ersten Versuchsabschnitt (1997-2001) deutlicher ausgeprägt (vgl. Abbildung 1), worauf neben der Halbierung der Pflanzenschutzintensität in hohem Maße die verringerte N-Düngung Einfluss hatte. In den ersten Erntejahren wurden in der Opti-

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

** Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Integrierten Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow

mal-Variante keine gesicherten Ertragszunahmen durch eine chemische Unkrautbekämpfung realisiert. Eine Zunahme und die Veränderung der Verunkrautung bei Herbizidverzicht führten zu einer allmählichen Ertragszunahme bei einer chemischen Unkrautbekämpfung. In der ersten Fruchtfolgerotation wurden nach der Anwendung reduzierter Herbizidaufwandmengen höhere Mehrerträge erzielt als nach Anwendung situationsbezogener Herbizidaufwandmengen, da die Konkurrenzkraft des Getreides durch die verminderte N-Versorgung geringer war (Pallutt, 2002). In der Folgezeit nahm die Verunkrautung mit konkurrenzstarken Unkräutern in den Parzellen mit halbiertem Herbizidanwendung und den unbehandelten Kontrollen (UK) deutlich zu. Dies führte dazu, dass die Ertragsvorteile der Behandlungsstufen mit chemischer Unkrautbekämpfung in der Optimal-Variante stärker anstiegen als in der Extensiv-Variante.

Tabelle 1 lässt im ersten Versuchsabschnitt eine Differenzierung zwischen den Intensitätsstufen bezüglich N-Gehalt und N-Saldo erkennen. Erwartungsgemäß war nach halbiertem N-Düngung die N-Bilanz weitaus günstiger, was auch Untersuchungen von Hülsbergen (2002) belegen. Ebenso wurde die Ausnutzung der mineralischen N-Düngung durch die Ausschaltung von Schaderregern deutlich verbessert. Überraschend zeigten sich Nachwirkungen der im Zeitraum von 1996-2001 reduzierten Mineraldüngung bei den N-Gehalten der Jahre 2002 und 2003. Trotz gleich bemessener N-Düngung in diesen Jahren wiesen die Parzellen geringere Stickstoffgehalte auf.

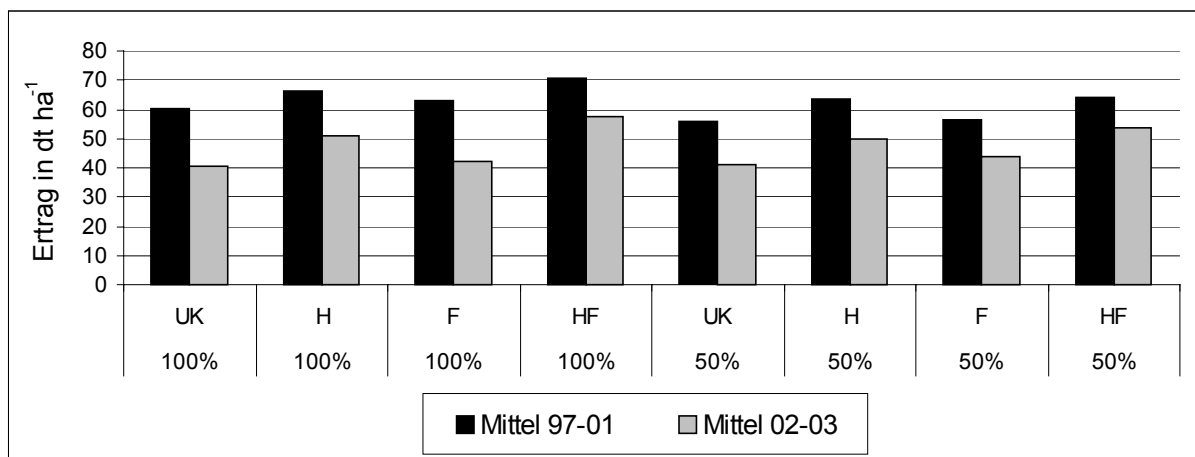


Abb. 1: Mittlere Winterweizenerträge der Jahre 1997-2001 bzw. 2002-2003

Tab. 1: N-Bilanzrechnung von Winterweizen

Intensität		optimal				extensiv			
Variante		UK	H	F	HF	UK	H	F	HF
N-Gehalt [kg ha ⁻¹ a ⁻¹]	97-01	2,24	2,29	2,26	2,29	1,79	1,88	1,80	1,92
	02-03	2,18	2,29	2,16	2,25	1,94	2,00	1,96	2,04
N-Saldo [kg ha ⁻¹ a ⁻¹]	97-01	71,8	60,1	67,4	51,7	31,8	21,2	32,2	17,9
	02-03	72,9	50,4	71,4	44,6	79,4	60,7	74,4	55,4

Literatur

- Hülsbergen, K.-J. (2002): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme; Halle., Univ., Habil.-Schr., Shaker, Aachen, 132-136.
 Pallutt, B.: Langzeitwirkungen reduzierter Herbizidanwendung und Stickstoffdüngung auf Populationsdynamik und Konkurrenz von Unkräutern im Getreide, Journal of Plant Diseases and Protection, Eugen Ulmer, Stuttgart, 293-304

Evaluierung des Stickstoffhaushaltmodells HERMES zur Simulation der Silomaisproduktion in Norddeutschland

Antje Herrmann¹, Kurt Christian Kersebaum², Michael Wachendorf¹ und
Friedhelm Taube¹

Einleitung

Steigende Ansprüche an die Umweltverträglichkeit stellen eine ernstzunehmende Herausforderung für die Futterproduktion dar. Der Silomaisproduktion unter maritimen Klimabedingungen wird ein hohes Stickstoff (N)-Verlustpotential zugesprochen. Um den Effekt von Managementmaßnahmen auf die N-Verluste im Silomaisanbau zu untersuchen, bietet sich der Einsatz von Modellen an. Zur Abbildung der N-Dynamik von Mais ist eine Reihe von Modellen verfügbar, diese wurden jedoch meist unter Umweltbedingungen entwickelt, die sich deutlich von den Klima- und Bodenverhältnissen in Norddeutschland unterscheiden. Das Modell HERMES (Kersebaum, 1995) wurde für die Simulation von Getreidebau-Fruchtfolgen unter den klimatischen Verhältnissen Norddeutschlands entwickelt. Ziel eines aktuellen Projektes war es (i) basierend auf einem 5-jährigen N-Steigerungsversuch die Modellalgorithmen von HERMES für die Simulation von Silomais zu adaptieren und (ii) die Modell-Performance im Hinblick auf Parameter der Ertragsbildung (Ertrag, N-Aufnahme) und N-Dynamik (Nmin-Gehalte im Boden, N-Verluste durch Auswaschung) zu evaluieren.

Material und Methoden

Die Kalibrierung von HERMES basiert auf Daten, die in einem 5-jährigen N-Steigerungsversuch (1997-2001) auf dem Versuchsgut ‚Karkendamm‘ der Christian-Albrechts Universität zu Kiel erhoben wurden (Büchter et al., 2003). Die Sorte Naxos wurde zwischen Ende April und Anfang Mai mit einer Bestandesdichte von 10-11 Pflanzen m⁻² ausgesät. Die N-Versorgung wurde durch Gaben von 0, 20 und 40 m³ ha⁻¹ Rindergülle (Ø N-Gehalt 2.9 kg N m⁻³) und 0, 50, 100 und 150 kg N ha⁻¹ mineralischen N-Dünger (KAS) variiert, wobei die Behandlungen jeweils auf der gleichen Parzelle lagen. Die Grunddüngung mit Phosphor und Kalium wurde für jede Behandlungsstufe an die höchste Gülleapplikationsstufe angepasst. Durch Zuwachsbeprobungen in zwei-wöchentlichem Abstand wurde die Ertrags- und Qualitätsentwicklung erhoben. Der N-Status des Bodens wurde anhand des Nmin-Gehaltes charakterisiert. Probenahmen erfolgten zu Beginn und Ende der Vegetationsperiode auf einer Tiefe von 90 cm. Die N-Verluste über Sickerwasser wurden durch Saugkerzen (60 cm Tiefe) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Modelloptimierung führte zu zufriedenstellenden Ergebnissen für die TM-Produktion, N-Aufnahme der Pflanze, Nmin-Gehalte des Bodens und N-Auswaschung mit Bestimmtheitsmaßen von 0.95, 0.77, 0.38 und 0.40 für den Vergleich beobachteter und simulierter Daten (über alle Behandlungen und Jahre). Eine der 12 Behandlungen wurden selektiert, um den aktuellen Stand der Modellierung zu demonstrieren. Abbildung 1 zeigt einen Vergleich zwischen berechneten und beobachteten

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

2 Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF), Institut für Landschaftssystemanalyse, Müncheberg

Werten für TM-Ertrag, N-Aufnahme und Nmin der Variante 150 kg N ha^{-1} (mineralisch). Die Darstellung von Nmin und N-Auswaschung wird auf die Bodenschicht 0-60 cm beschränkt, da der stark schwankende Grundwasserstand die N-Dynamik in der Schicht 60-90 cm deutlich beeinflusste. Die Simulation startete von der ersten Nmin-Probenahme in 1997 und lief ohne Korrektur kontinuierlich bis Dezember 2001. Die Akkumulation oberirdischer Biomasse wurde durch das Modell befriedigend abgebildet. Die berechneten N-Aufnahmemengen der Pflanze zeigten eine beträchtliche Variabilität innerhalb der 4 Wiederholungen. Die simulierten Werte liegen meist innerhalb des $1-\sigma$ Bereichs, die N-Aufnahme wird jedoch leicht überschätzt. Folglich wird der Nmin-Gehalt des Bodens etwas unterschätzt.

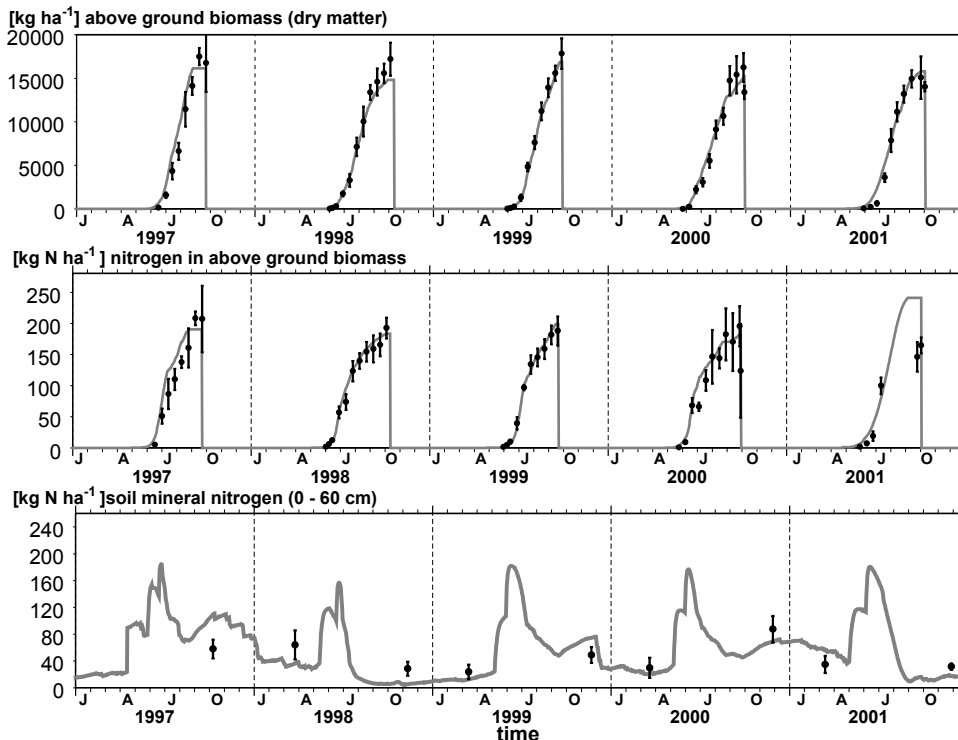


Abb. 1: Simulierte (Linien) und beobachtete Werte (Symbole mit Standardabweichung, 4 Wdh.) zu TM-Ertrag, N-Ertrag und Nmin-Gehalt in 0-60 cm für die Variante 150 kg N ha^{-1} (mineralisch).

Die N-Auswaschungsverluste aus der 60 cm-Schicht zeigen mit zunehmendem N-Input einen exponentiellen Anstieg (nicht dargestellt). Obwohl die N-Versorgung, als Summe von Nmin-Gehalt des Bodens und N-Aufnahme der Pflanze, mit ausreichender Genauigkeit abgebildet werden kann, scheint die Aufnahme des Boden-N durch die Pflanze noch leicht überschätzt zu werden. Die weiteren Verbesserung des Modells werden daher die Wurzelverteilung und/oder den maximalen N-Flux pro cm Wurzel betreffen. Eine Schwierigkeit besteht in der hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität des Grundwasserstandes, die einen großen Einfluss auf die N-Bewegung und das Pflanzenwachstum ausübt.

Literatur

- Büchter, M., M. Wachendorf, K. Volkers und F. Taube 2003: Silage maize production on sandy soils in northern Germany: Impact of understorey, slurry and mineral N fertilizer on nitrate leaching. German Journal of Agronomy 7, 64-74.
- Kersebaum, K.C. (1995): Application of a simple management model to simulate water and nitrogen dynamics. Ecological Modelling 81, 145-156.

Gesamtpflanzliche N₂-Fixierleistung und N-Flächenbilanzsaldo beim Anbau von Luzerne, Rotklee und Persischem Klee

Rüdiger Jung*, Knut Schmidtke** und Rolf Rauber*

Einleitung

In einem Kooperationsprojekt des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen mit der Landwirtschaftskammer Hannover wurden in Niedersachsen mehrjährige Feldversuche mit dem Ziel durchgeführt, verbesserte Kalkulationsverfahren zur Schätzung der symbiotischen N₂-Fixierleistung und des N-Flächenbilanzsaldos beim Anbau von Futterleguminosen abzuleiten.

Material und Methoden

Die wichtigsten Kenndaten der hinsichtlich Klima und Boden variierenden Standorte sind in Tab. 1 dargestellt. Je drei Sorten des Rotklees (*Trifolium pratense* L.) und der Luzerne (*Medicago sativa* L.) wurden im überjährigen Anbau (Aussaat: August) geprüft. Des Weiteren wurden zwei Sorten Persischer Klee (*Trifolium resupinatum* L.) angebaut (Aussaat: April). Die Futterleguminosen unterlagen einer 3-Schnittnutzung. Jahreserträge und Gesamt-N-Akkumulationen wurden aus der Summe der in Spross (Schnittgut mit Stoppeln) und Wurzel (Bohrkernmethode) erfassten N-Mengen ermittelt. Die symbiotische N₂-Fixierleistung sowie die Boden-N-Aufnahme der Leguminosen wurden mit Hilfe von ¹⁵N-Methoden geschätzt.

Standort	Reinshof	Oederquart	Dasselsbruch
Landkreis	Göttingen	Stade	Celle
Bodentyp	Auenlehm	Marsch	Treposol
Bodenart	Ut4	Tu	mS
pH-Wert	6,9	7,0	5,6
Ø Niederschlag	647 mm	810 mm	612 mm

Darüber hinaus wurden vereinfachte N-Flächenbilanzsalden aus der Differenz der in Spross und Wurzel enthaltenen luftbürtigen N-Menge und der im Schnittgut enthaltenen N-Menge berechnet. Detaillierte Beschreibungen zum Gesamtprojekt finden sich bei JUNG (2003).

Tab. 1: Standorte in Niedersachsen

Ergebnisse und Diskussion

Die N₂-Fixierleistungen und die N-Flächenbilanzsalden waren in den meisten Fällen am Standort Reinshof am höchsten. Luzerne konnte in beiden Versuchsjahren am Standort Reinshof mit 409 bzw. 455 kg N ha⁻¹ die höchsten N₂-Fixierleistungen erzielen. An den Standorten Oederquart und Dasselsbruch war die Luzerne den beiden anderen Arten meist unterlegen (Abb. 1). Dies kann mit dem Klima, niedrigen pH-Werten oder mit dem Mangel an artspezifischen Rhizobien-Stämmen erklärt werden. Die von Rotklee symbiotisch fixierte N-Menge (Spannweite: 149 bis 442 kg N ha⁻¹) unterschied sich zwischen den Standorten signifikant (Ausnahme: Reinshof und Oederquart im Jahr 1999). Persischer Klee zeigte durchschnittlich geringere N₂-Fixierleistungen (zwischen 42 und 177 kg N ha⁻¹) als Luzerne und Rotklee. Die Boden-N-Aufnahme der Futterleguminosen lag zwischen 49 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Luzerne 1999, Dasselsbruch) und 182 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Luzerne 2000, Reinshof). Signifikante

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Georg-August-Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

** Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden

Unterschiede zwischen den Sorten waren bezüglich N₂-Fixierleistungen und Boden-N-Aufnahme nur selten zu beobachten.

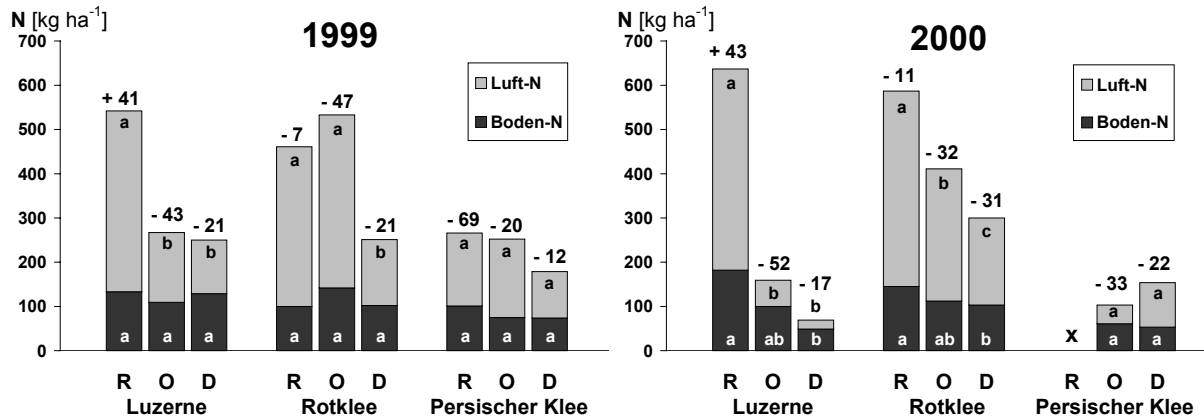


Abb. 1: Bodenbürtige N-Aufnahme (Boden-N), symbiotische N₂-Fixierleistung (Luft-N) und N-Flächenbilanz (Zahl über den Säulen) der untersuchten Futterleguminosen (Mittelwerte der Sorten) an drei Standorten (R - Reinshof, O - Oederquart, D - Dasselsbruch; x - Ernteaussfall). Verschiedene Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede je Art zwischen den Standorten (Tukey-Test, GD 5 %)

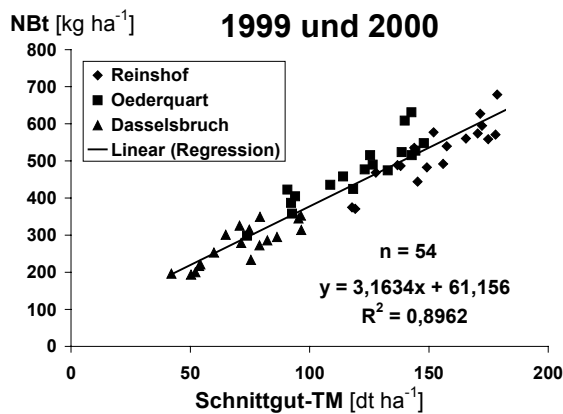


Abb. 2: Regression des Gesamt-N (NBt) auf den jährlichen Schnittgut-Ertrag bei Rotklee

Der in Abb. 2 für Rotklee beispielhaft gezeigte enge Zusammenhang zwischen gesamt-pflanzlicher N-Akkumulation und dem jährlichen Schnittgut-Ertrag kann zur Ableitung von Kalkulationstabellen genutzt werden (JUNG 2003). Diese Tabellen ermöglichen die Angabe von zu erwartenden N-Flächenbilanzsalden beim Anbau von Futterleguminosen. Schnittgut-ertrag und das Angebot an pflanzenverfügbarem N im Boden fließen in die Kalkulation ein.

Die untersuchten über- bzw. einjährigen Reinsaatarten zeigten fast immer negative N-Flächenbilanzsalden (Ausnahme: Luzerne am Standort Reinshof). Mit dem Erntegut wurde zumeist mehr N der Fläche entzogen, als durch die N₂-Fixierung zugeführt wurde (Abb. 1). SCHMIDTKE (1999) beobachtete ebenfalls leicht negative N-Salden in Höhe von - 17 kg N ha⁻¹ (Luzerne) und - 13 kg N ha⁻¹ (Rotklee) nach einjährigem Anbau. Negative N-Salden können auch eine Folge sein, wenn die während der Vegetationsperiode anfallenden N-Mengen aus der Rhizodeposition nicht berücksichtigt werden (SCHMIDTKE 1999, JUNG 2003). Zur weiteren Verbesserung der N-Bilanzierung sollte der N-Rhizodeposition deshalb in Zukunft verstärkt Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Literatur

- JUNG, R. (2003): Stickstoff-Fixierleistung von Luzerne (*Medicago sativa* L.), Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Persischem Klee (*Trifolium resupinatum* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Paoceen - Experimentelle Grundlagen und Kalkulationsverfahren zur Ermittlung der Stickstoff-Flächenbilanz. Dissertation, Universität Göttingen. http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2003/jung_ruediger
- SCHMIDTKE, K. (1999): N-Flächenbilanz beim Anbau von Futter- und Körnerleguminosen. In: Hoffmann H. & S. Müller (Hrsg.): Beiträge 5. Wissenschaftstagung zum Ökol. Landbau; Berlin, 234-238.

Stickstoff-Auswaschungsverluste und Nachfruchteffekte von Luzerne (Schnitt- und Grünbrachenutzung) auf Getreide-Nachfrüchte im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen in Ostösterreich

R. Farthofer*, J. K. Friedel*, G. Pietsch*, B. Freyer*

Einleitung

Im niederschlagsarmen Ackerbaugebiet Ostösterreichs dominiert auch im Ökologischen Landbau die viehlose Bewirtschaftungsform, bei der die Stickstoffversorgung hauptsächlich auf dem Anbau von Futterleguminosen basiert. Die Nutzung von Futterleguminosen erfolgt überwiegend als Grünbrache (Mulchnutzung) von Luzerne als Reinsaat oder als Luzerne-Gräser-Gemenge. Unter den spezifischen pannonischen Klimabedingungen (geringe Niederschläge von 500-550 mm im Jahr; Dürreperioden von 3-6 Wochen pro Jahr; mittlere Jahrestemperatur 9,8°C) wurden folgende Themen untersucht: Auswirkungen von verschiedenen Nutzungssystemen (Schnitt und Mulch), sowie Luzerne-Reinsaat und Luzerne-Gräser-Gemenge auf die Stickstoff- und Wasserdynamik im Boden und auf Ertrag und Qualität der Getreide-Nachfrüchte. Ziel dieser Untersuchung war die Entwicklung von an den Standort angepassten Nutzungssystemen und Artengemengen von Luzerne zur Optimierung von Ertrag und Qualität von Getreide-Nachfrüchten bei gleichzeitiger Minimierung des Nitrat-Auswaschungsrisikos.

Material und Methoden

Für diese Untersuchung wurde Luzerne als Reinsaat und in Form eines Luzerne-Gräser-Gemenges (80%:20%) jeweils in zwei Nutzungssystemen (Mulch und Schnitt) angebaut. Als Referenz-Vorfrüchte dienten ein Gräser-Gemenge und Winterroggen. Nach Umbruch der verschiedenen Leguminosen-Vorfrucht-Varianten wurde Winterweizen und im darauf folgenden Jahr Winterroggen angebaut. Untersucht wurde der Bodenwasserhaushalt (Hauer et al., 2003; Ehlers, 1997), der Mineralstickstoffgehalt (N_{\min}) im Boden sowie der Ertrag und Proteingehalt der Getreide-Nachfrüchte. Zusätzlich waren in 120cm Bodentiefe Saugkerzen installiert, mittels derer Bodenwasserproben zur Untersuchung auf Nitrat gewonnen wurden. Der Versuch wurde in zwei aufeinander folgenden Jahren auf zwei Versuchsanlagen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Untersuchungszeitraum 2000 bis 2003 lagen die Niederschläge mehrheitlich unter dem langjährigen Niederschlagsmittel. Die hier vorliegenden Ergebnisse beziehen sich daher auf trockene Witterungsbedingungen.

Es zeigte sich, dass Mulchnutzung von Futterleguminosen im Vergleich zu Schnittnutzung zu keinen höheren N_{\min} -Gehalten im Boden führte. Die N-Aufnahme durch die Nachfrucht war daher nicht erhöht und es konnten in der Folge keine höheren Erträge und Rohproteingehalte bei der ersten und zweiten Hauptfrucht erzielt werden. Der Vergleich von Leguminosen-Gräser-Gemengen mit reinen Leguminosen-Beständen ergab, dass bei trockenen Witterungsbedingungen die

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien

Artenzusammensetzung für sich genommen (d.h. über beide Nutzungssysteme hinweg) keine Auswirkungen auf den N_{\min} -Gehalt des Bodens, sowie auf die N-Aufnahme, die Erträge und die Rohproteingehalte der Nachfrüchte hatte. Im etwas feuchteren Versuchsjahr 2001/02 (Versuchsanlage 2) waren die N-Aufnahme und die Rohproteingehalte von Winterweizen bei Mulchnutzung nach Leguminosen-Gräser-Gemenge signifikant niedriger als nach Luzerne-Reinsaat in Kombination mit Mulchnutzung. Sowohl das Nutzungssystem der Leguminosen wie auch der Anbau von Leguminosen mit Gräsern hatte, aufgrund der fehlenden Differenzierung bei den N_{\min} -Gehalten, keinen Einfluss auf das Nitratauswaschungsrisiko. Bei der zweiten Nachfrucht Winterroggen konnte bei den verschiedenen Vorfrucht-Varianten kein Effekt hinsichtlich Stickstoff- und Wasserhaushaltsdynamik festgestellt werden. Es kann geschlussfolgert werden, dass unter trockenen Witterungsbedingungen, Schnittnutzung aufgrund der höheren N-Effizienz der Mulchnutzung von Futterleguminosen vorzuziehen ist (Tabelle 1). Eine mögliche Differenzierung der Varianten-Unterschiede in Jahren mit höheren Niederschlägen ist denkbar und wäre daher zu untersuchen. Im Hinblick auf die in dieser Studie festgestellte Notwendigkeit einer bedarfsgerechteren Düngung des Getreides, vor allem zur Sicherstellung einer adäquaten N-Versorgung im Zeitraum nach dem Ährenschieben, sind die Möglichkeiten einer produktiveren Nutzung des anfallenden Mulch-Materials zu untersuchen.

Tab. 1: N-Effizienz: $[(N\text{-Ertrag der Nachfrucht (bei Luzerne-Vorfrucht)} - N\text{-Ertrag der Nachfrucht (bei Referenz-Vorfrucht)}) / (N\text{-Eintrag (durch die Luzerne-Vorfrucht)})]$ bei der ersten Nachfrucht Winterweizen und zweiten Nachfrucht Winterroggen

	Weizen	Weizen	Roggen	Roggen
	VA 1 2001	VA 2 2002	VA 1 2002	VA 2 2003
Luzerne Reinsaat (Mulch)	1	12	2	3
Luzerne-Gräser-Gemenge (Mulch)	NA	6	NA	3
Luzerne-Reinsaat (Schnitt)	12	56	0	20
Luzerne-Gräser-Gemenge (Schnitt)	0	36	0	3

NA = nicht erhoben, VA = Versuchsanlage

Literatur

- Ehlers, W. (1997): Zum Transpirationskoeffizienten von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen. Pflanzenbauwissenschaften 1 (3): 97-108.
 Hauer, G.; Kammerer, G.; Sokol, W.; Kastanek, F. und W. Loiskandl 2003: Ermittlung der Wasserbilanz mit einem virtuellen Lysimeter. Österreichische Wasserwirtschaft 55/5-6: 104-112.

Untersuchungen zu den Auswirkungen im ersten und zweiten Folgejahr nach einer einmalig variierten Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung, Verunkrautung und Nitratauswaschung unter ökologischen Produktionsbedingungen

*Annette Häberle, *Carola Pekrun, * Wilhelm Claupein, **Christoph Prade,
**Christian Thierfelder, **Karl Stahr

Einleitung

Die Belastungen des Trinkwassers haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Durch pflanzenbauliche Maßnahmen sollen die Nitratausträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen auf einem möglichst geringen Niveau gehalten werden. Reduzierte Bodenbearbeitung, späte Bearbeitungstermine und Begrünungsgebote stellen einen wesentlichen Teil dieser Maßnahmen dar. Ökologisch wirtschaftende Betriebe sind in ihren Anbauverfahren zur Förderung der Ertragsbildung, zur Unkrautregulation und zur Kontrolle von Schaderregern und Schädlingen auf eine zeit- und bedarfsgerechte Bodenbearbeitung angewiesen. Dies steht zum Teil im Widerspruch zu den oben genannten Regelungen. Ziel der Untersuchung ist es, zu überprüfen, ob bestimmte Bodenbearbeitungsverfahren zu erhöhten N- Austrägen führen und ob durch die Anwendung nitratreduzierender Maßnahmen eine Beeinträchtigung der Anbauverfahren im Ökologischen Landbau entsteht.

Material und Methoden

Die Untersuchungen sind auf sechs Standorten in drei Regionen auf drei unterschiedlichen, für Baden-Württemberg charakteristischen Bodentypen (Main-Tauber-Kreis = Muschelkalk, Schwäbische Alb = Kalk, Gäu = Löss) angelegt. Die Versuchsfelder liegen in Wasserschutzgebieten auf Praxisbetrieben. In jeder Region werden im Anschluss an die Ernte von N- intensiven Kulturen die Wirkungen verschiedener Verfahren und Zeitpunkte der Stoppel- und Grundbodenbearbeitung (Tab. 1) auf die Höhe der Nitratauswaschung, den Unkrautdruck und das Vorkommen von Krankheiten und Schädlingen untersucht. Es besteht eine Unterteilung in Intensivstandorte (Datenerfassung über drei Jahre nach einmalig variiertes Bodenbearbeitung) und Vergleichsstandorte (Datenerfassung im Jahr nach einmalig variiertes Bodenbearbeitung).

Tab. 1: Varianten der Bodenbearbeitung (4 Wiederholungen/ Versuchsfeld)

Variante	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März
1	Pflug	WW				
2	Grubber	WW				
3	Begrünung	Pflug				SW
4	X	X	Pflug			SW
5	Begrünung	Begrünung	Begrünung	Begrünung	Pflug	SW

X = keine Stoppelbearbeitung; WW = Winterweizen; SW = Sommerweizen

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart

** Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, Emil-Wolff-Straße 27, 70599 Stuttgart

Auf allen Standorten werden Auflauf, Bestandesdichte und Ertrag der Kulturpflanzen erfasst. Unkrautbonituren werden im Keimblattstadium des Getreides und in der Bestockungsphase durchgeführt (10 * Göttinger Schätzrahmen/Parzelle). Hinsichtlich der bodenkundlichen Datenerhebungen unterscheiden sich Intensiv- und Vergleichsstandorte. Auf den Intensivstandorten sind SIA- Systeme, TDR- Sonden, Tensiometer und Saugkerzen eingebaut. Im zweiwöchentlichen Rhythmus werden zusätzlich N_{min} - Proben gezogen. Auf den Vergleichsstandorten werden nur im Herbst und Frühjahr N_{min} - Proben gezogen.

Ergebnisse und Diskussion

In den Ergebnissen der erhobenen pflanzenbaulichen Parameter zeigten sich innerhalb der ersten beiden Versuchsjahre weder im direkten Vergleich noch in den Nachwirkungen tendenziell einheitliche Unterschiede zwischen den einzelnen Bodenbearbeitungsvarianten (Abb. 1). Über Winter 2002/2003 zeigten sich weder im direkten Vergleich noch in den Nachwirkungen zwischen den vorangegangenen Bearbeitungsvarianten eindeutige Trends über alle Standorte hinsichtlich der Höhe der Nitratauswaschung in den Varianten (Abb. 1). Dieselben Ergebnisse zeigten sich auch im Hinblick auf die Nitratentwicklung im Boden (nicht dargestellt). In den im Frühjahr bearbeiteten Parzellen war ein zeitlich versetzter Mineralisierungspik, der in der absoluten Höhe das gleiche Niveau erreichte wie in den im Herbst bearbeiteten Parzellen, zu beobachten. Es ist anzunehmen, dass der Pflanzenbestand im Frühjahr mehr Nitrat aufnehmen konnte als über Winter (HEß, 1989, FRANCIS et al., 1992). Analyseergebnisse hierzu stehen noch aus. Standortliche Unterschiede, die sich aus verschiedenen Bodentypen, Witterungs- und Betriebsleitereinflüssen zusammensetzen, waren sowohl in den pflanzenbaulichen als auch in den bodenkundlichen Erhebungen sehr ausgeprägt.

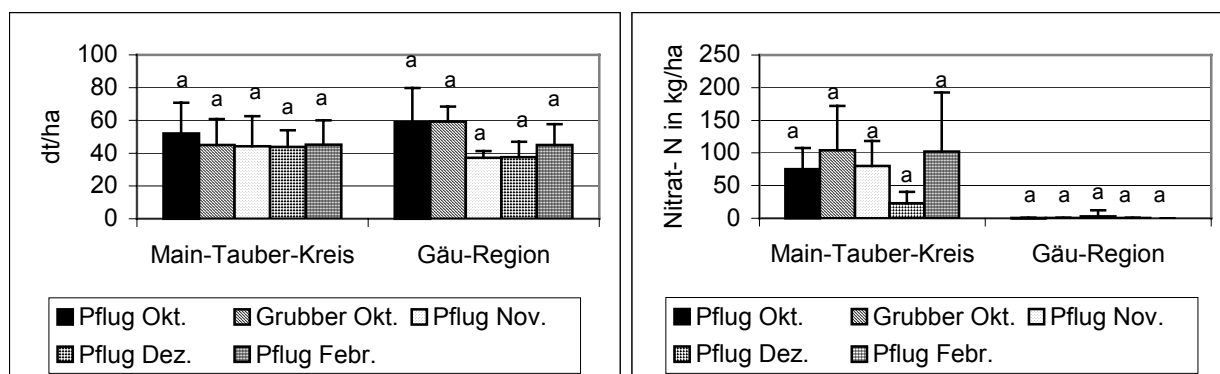


Abb. 1: Kernerträge (dt/ha) (links) und Nitrat- N- Auswaschung (rechts) über Winter 2002/2003 (kg/ha) auf den Intensivstandorten im Main- Tauber- Kreis und der Gäu-Region.

Literatur

- Heß, J. 1989: Klee grasumbruch im Organischen Landbau – Stickstoffdynamik im Fruchtfolgeglied Klee gras-Klee gras-Weizen-Roggen. Dissertation, Bonn.
- Francis, G.S.; R.J. Haynes; G.P. Sparling, D.J. Ross und P.H. Williams 1992 : Nitrogen mineralization, nitrate leaching and crop growth following cultivation of a temporary leguminous pasture in autumn and winter. Fertilizer Research 33: 59-70

Biomasseakkumulation von *Miscanthus*

Gisa-Wilhelmine Rathke, S. Freydank, W. Diepenbrock*

Einleitung

Miscanthus ist ein Vertreter der tropischen C4-Pflanzen, welcher auch unter den klimatischen Bedingungen in Deutschland über ein hohes Leistungspotenzial verfügen kann. Das Erreichen hoher Flächenerträge setzt jedoch voraus, dass die vergleichsweise höheren Ansprüche an Temperatur, Licht und Wasserversorgung erfüllt werden (Boelcke 1998). Der Flächenertrag setzt sich aus den Komponenten Anzahl Triebe je Flächeneinheit und Triebgewicht zusammen. Die Triebzahl steht dabei in enger Beziehung zum Alter des Bestandes. Darüber hinaus kann die Triebzahl durch die Stickstoffdüngung beeinflusst werden (Greef et al. 1995). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen soll daher die Bedeutung des Bestandesalters und der Stickstoffdüngung für die oberirdische Biomasseakkumulation von *Miscanthus* näher beleuchtet werden.

Material und Methoden

Grundlage für die Darstellung der Biomasseakkumulation bildet ein im Frühjahr 2000 am Standort Bad Lauchstädt angelegter Feldversuch. Der Standort ist durch einen mittleren Jahresniederschlag von 484 mm und eine mittlere Jahrestemperatur von 8,7 °C (1896-1995) charakterisiert. Die Witterungsdaten in den Untersuchungsjahren zeigten teilweise deutliche Abweichungen vom langjährigen Mittel. Sie betragen: 2000: 400 mm, 10,7 °C, 2001: 518 mm, 9,7 °C, 2002: 639 mm, 10,0 °C und 2003 384 mm, 9,9 °C. Die Bestandesdichte beträgt 1 Pflanze pro m². Die Stickstoff (N)-Versorgung ist in ungedüngt (N0) und gedüngt (N1, 100 kg N ha⁻¹ als KAS) unterteilt. Der Dünger wurde in allen Jahren zu Vegetationsbeginn appliziert. Die Ernte der Bestände erfolgte einheitlich Mitte/Ende Februar. Die dabei gewonnene Biomasse wurde bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C getrocknet.

Ergebnisse und Diskussion

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, variierte die Ertragskomponente Anzahl Triebe je m² im stärkeren Maße zwischen den einzelnen Untersuchungsjahren als in Abhängigkeit von der N-Versorgung. Mit 37 bzw. 38 Trieben je m² wurden die niedrigsten Werte erwartungsgemäß im Anbaujahr ermittelt. Im zweiten Anbaujahr konnte zunächst eine deutliche Erhöhung auf 50 bzw. 51 Triebe je m² festgestellt werden, die sich jedoch in den beiden darauf folgenden Jahren nicht verfestigte. Im Zusammenspiel mit der Ertragskomponente Triebgewicht (Daten nicht gezeigt) wurde festgestellt, dass eine Reduktion der Triebzahl je m² in der Regel mit einer Erhöhung des Triebgewichtes verbunden war. So variierte das Triebgewicht von durchschnittlich 11,0 g im ersten Jahr und 43,4 g vierten Jahr. Im Verlauf der vier Jahre übte das Triebgewicht damit einen größeren Einfluss auf die Biomasseakkumulation aus als die Anzahl Triebe je m². Die Ergebnisse der oberirdischen Biomasseakkumulation sind in Abbildung 2 zusammengestellt. Danach realisierte die ungedüngte Variante zwischen 4,03 (2000) und 16,4 t TM ha⁻¹ a⁻¹ (2004). Während die N-Düngung in den ersten beiden Jahren nahezu keine Wirkung zeigte, bewirkte sie im dritten und vierten Jahr einen Ertragsanstieg von 2,50 bzw. 2,82 t TM ha⁻¹ a⁻¹.

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

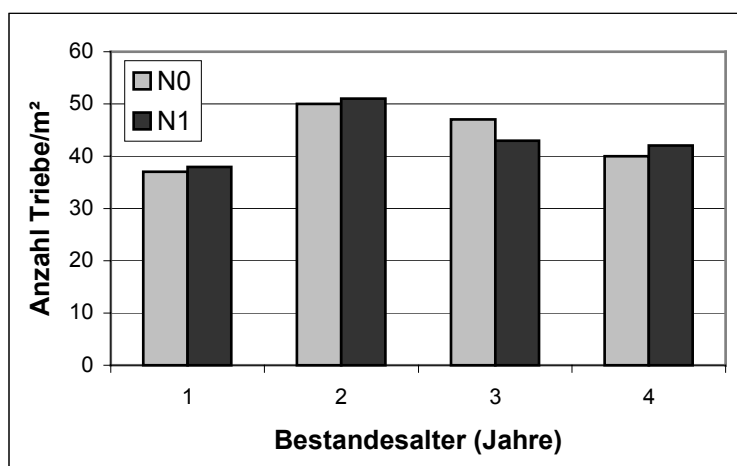


Abb. 1: Anzahl Triebe je m² von *Miscanthus* in Abhängigkeit vom Bestandesalter und Stickstoffversorgung

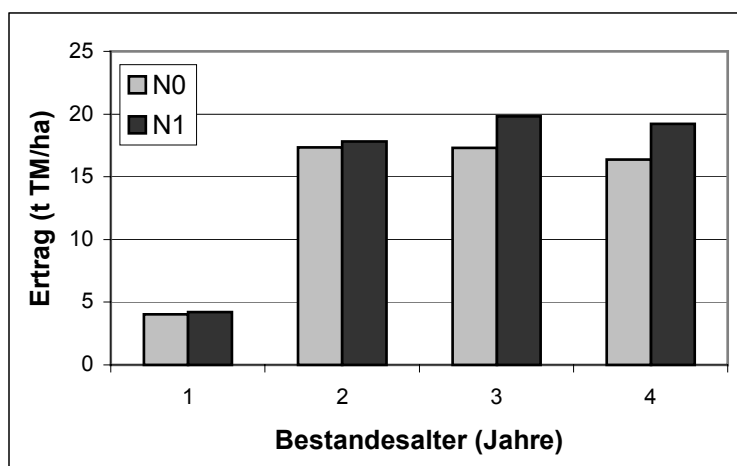


Abb. 2: Oberirdischer Trockenmasseertrag von *Miscanthus* in Abhängigkeit vom Bestandesalter und Stickstoffversorgung

Im Ergebnis der Untersuchungen kann festgehalten werden, dass die Stickstoffversorgung im Vergleich zu den witterungs- und jahresbedingten Variabilitäten von untergeordnetem Einfluss ist. Die geringe Düngerwirkung auf den Ertrag kann in dem hohen Nährstoffangebot und Nährstoffnachlieferungsvermögen des Standortes begründet sein. Hinzu kommt, dass sich eine limitierte Wasserversorgung, wie sie in den Untersuchungsjahren 2000 und 2003 vorherrschte, negativ auf die oberirdische Biomasseakkumulation von *Miscanthus* auswirkt (Greef 1996).

Literatur

- Boelcke, B., 1998: Bewertung der Umweltwirkung des Anbaus von *Miscanthus* als nachwachsender Rohstoff. Mitt. Landesforschungsanstalt für Landw. Und Fischerei M-V, Gülzow, Heft 16
- Greef, J.M., 1996: Etablierung und Biomassebildung von *Miscanthus x giganteus*. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Greef, J.M., Schwarz, K.-U., Schnug, E, 1995: Untersuchungen zur Etablierung und Biomassebildung von *Miscanthus x giganteus* unter verschiedenen Umweltbedingungen. Wiss. Mitt. Der FAL, Landbauforschung Völkenrode.

Biomasseakkumulation durch schnellwachsende Bäume

S. Freydank, Gisa-Wilhelmine Rathke, W. Diepenbrock*

Einleitung

Wesentliches Ziel beim Anbau schnellwachsender Bäumen ist es, eine größtmögliche Menge an Biomasse innerhalb kürzester Zeit zu produzieren. Die direkte Erfassung des Biomasseaufkommens über Ertragsparameter erweist sich bei schnellwachsenden Baumbestände als schwierig. Im Gegensatz dazu erlauben non-destruktive Methoden unter zur Hilfenahme des Brusthöhendurchmessers eine vergleichsweise einfache Quantifizierung der Biomasseakkumulation im Zeitverlauf. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen soll daher der methodische Ansatz zur Quantifizierung der Biomasseakkumulation durch schnellwachsende Bäume näher beleuchtet werden.

Material und Methoden

Grundlage zur Erfassung der Biomasseakkumulation von Weiden und Pappeln als typische Vertreter schnellwachsender Bäume bildet ein im Frühjahr 2000 im Mitteldeutschen Trockengebiet angelegter Feldversuch. Im Feldversuch werden Weiden und Pappeln jeweils ohne und mit ($100 \text{ kg N h a}^{-1}$) N-Düngung angebaut. Über die Vegetationsperiode 2003 wurde an zufällig ausgewählten Bäumen der Brusthöhendurchmesser (BHD) mit einem Digitalmessschieber in der Höhe von 1,30 m über dem Austribspunkt bestimmt. Der Zusammenhang (2) zwischen Brusthöhendurchmesser und Trockenmasseertrag eines Baumes leitet sich aus der Annahme (1) ab. Grundlage für diese Betrachtungsweise ist die Reduktion des Baumkörpers auf einen Zylinder (Thornley, 1999).

$$V_{\text{Stamm}} = 0,25 h_{\text{Stamm}} \pi \text{BHD}^2 = \text{TM}_{\text{Stamm}} / \rho_{\text{Stamm}} \quad (1)$$
$$\text{TM}_{\text{Stamm}} \sim \text{BHD}^2 \quad (2)$$

V_{Stamm} = Volumen Baumstamm
 TM_{Stamm} = Trockenmasse
BHD = Brusthöhendurchmesser
 ρ_{Stamm} = Stammdichte
 h_{Stamm} = Stammhöhe

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass eine enge Korrelation zwischen Brusthöhendurchmesser und Trockenmasseertrag besteht. Dieser Zusammenhang lässt sich mit einer quadratischen Gleichung, welche in Abb.1 exemplarisch für gedüngte Weiden dargestellt ist, beschreiben. Die geschätzte Kalibrierungsgerade ermöglicht anschließend eine Berechnung der Trockenmasseerträge aus den über die Vegetationsperiode ermittelten Brusthöherdurchmessern (s. Abb. 2). Für den Trockenmasseverlauf ergibt sich dabei eine nicht lineare Funktion (3).

$$\text{TM}_{\text{Stamm}} = a/(1+\exp(-(x_{\text{Temp}}-x_0)/b)) \quad (3)$$

x_{Temp} = Temperatursumme

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

Der geschätzte Zuwachs an Trockenmasse beträgt danach für gedüngte Weiden ca. 6 t ha^{-1} im Jahr 2003. Nahezu analoge Ergebnisse finden sich für Pappeln (Daten nicht gezeigt). Hier wird im selben Jahr ein Ertrag von etwa $4,5 \text{ t TM ha}^{-1}$ ermittelt.

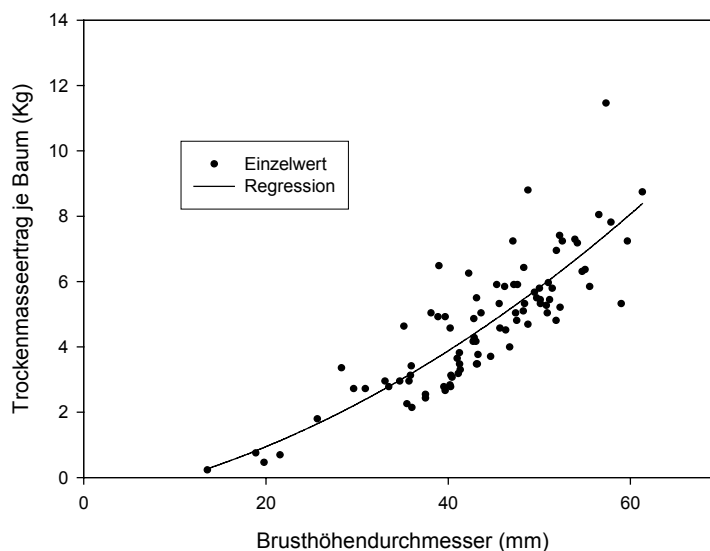


Abb.1: Brusthöhendurchmesser vs. Trockenmasseertrag bei gedüngten Weiden 2003

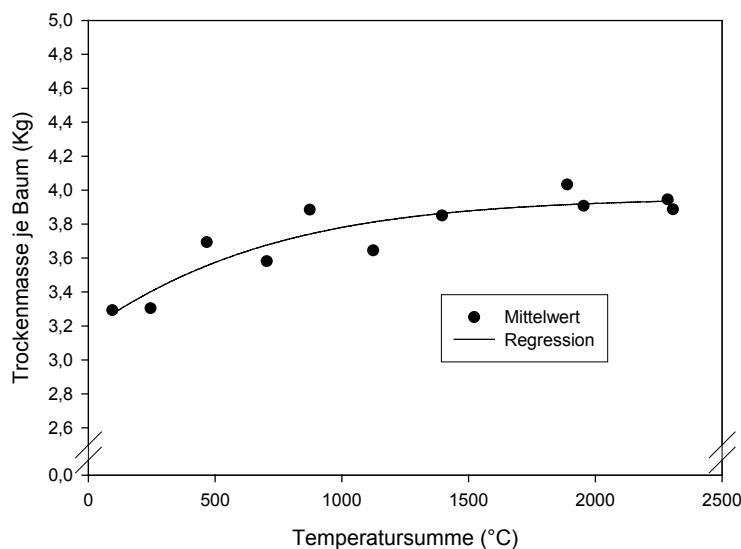


Abb. 2: Trockenmasse vs. Temperatursumme bei gedüngten Weiden 2003

Abschließend kann festgehalten werden, dass die indirekte Produktivitätserfassung über den Brusthöhendurchmesser eine sinnvolle mögliche Methode zur Erfassung der Ertragsdynamik im zeitlichen Verlauf darstellt.

Literatur

Thornley J. H. M., 1999. Modelling Stem Height and Diameter Growth in Plants. *Annals of botany* 84: 195-205.

Einfluss langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf physikalische Bodeneigenschaften und Erträge

Daniel Kutzner*, Bodo Hofmann* & Olaf Christen*

Einleitung

Die konservierende Bodenbearbeitung findet in der Praxis zunehmende Akzeptanz und Verbreitung. Zur Ableitung von präzisierten Einsatzempfehlungen sind für die unterschiedlichen Standortbedingungen die Ergebnisse von Dauerversuchen unentbehrlich. Mit Abschluss eines der ältesten Dauerversuche zur strukturschonenden und aufwandreduzierten Bodenbearbeitung in Deutschland sollen nun ausgewählte bodenphysikalische Befunde und die Erträge des Zeitraums 1991-2002 mitgeteilt werden. Über die Auswirkungen der 37jährigen pfluglosen Bodenbearbeitung auf die organische Bodensubstanz und relevante biologische Bodeneigenschaften wurde bereits berichtet (Hofmann et al. 2003).

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in der Lehr- und Versuchsstation Leipzig-Seehausen (Parabraunerde-Pseudogley, schluffig-lehmiger Sand, 12 % Ton, 1 % C_{org}, mittl. Jahrestemperatur 9,1 °C, mittl. Jahresniederschlag 552 mm) der Martin-Luther-Universität durchgeführt. In einem Dauerversuch (1. Erntejahr 1966) wurde mit Änderungen einiger Varianten infolge Landentzug folgende Bearbeitung langjährig geprüft:

1. Pflügen 25 cm (seit 1966 unverändert)
2. Grubbern 25 cm mit Flügelschargrubber, bis 1990 Pflügen 25-35 cm
3. Pflügen 15 cm (seit 1966 unverändert)
4. Grubber 15 cm mit Flügelschargrubber (seit 1966 unverändert)
5. Kreiselgrubber 10 cm, bis 1990 Pflügen 25 cm/ pfluglos 10 cm
6. Direktsaat (Zinkendillmaschine), bis 1990 Pflügen 25/ Tieflockerung 45 cm

Die Düngung (NPK) erfolgte einheitlich auf dem Gesamtversuch. Das betraf auch die Fungizid- und Herbizidanwendung (Ausnahme Totalherbizideinsatz bei Direktsaat). Über weitere Details informiert Kutzner (2003).

Ergebnisse und Diskussion

Bei den bodenphysikalischen Eigenschaften unterschieden sich die jährlich wendende und die seit 37 Jahren durchgeführte pfluglose Bearbeitung besonders im Bereich der Ober- und Mittelkrume (Tab.1). So führte die konservierende Bearbeitung in der bearbeiteten Schicht gegenüber dem mitteltiefen Pflügen zu verminderter Lagerungsdichte. Das Bodengefüge war infolge hoher Gehalte an organischer Bodensubstanz durch eine große Aggregatstabilität, Luft- und Wasserleitfähigkeit sowie geringe Verschlammungsneigung gekennzeichnet. Die bei flacher pflugloser Bearbeitung langjährig mechanisch nicht gelockerten Krumbereiche wiesen dagegen höhere Lagerungsdichten, verminderte Grobporenvolumina und Wasserleitfähigkeiten auf. In Unterkrume und Krumbasis traten zwischen diesen Varianten jedoch keine wesentlichen Differenzierungen auf. Zusätzlich durchgeführte in situ- Messungen brachten nach langjähriger konservierender Bearbeitung im Vergleich zum Pflügen aber zumindest ebenbürtige Ergebnisse bei der Wasserinfiltration und Luftleitfähigkeit. Diese Befunde verdeutlichen die ausgeprägte Porenkontinuität und die damit verbundene

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

besondere Leistungsfähigkeit der biogenen Poren auf der strukturinstabilen pseudo-vergleyten Parabraunerde.

Tab. 1: Trockenrohdichte und gesättigte Wasserleitfähigkeit nach langjährig differenzierter Bodenbearbeitung 2001 (36. Versuchsjahr)

Bodenbearbeitung Tiefe [cm]	Bodentiefe				
	0-6 cm	6-12 cm	18-24 cm	24-30 cm	32-38 cm
Trockenrohdichte [g/cm ³]					
1. Pflügen 25	1,41	1,50	1,46	1,63	1,64
4. Grubbern 15	1,34*	1,53	1,53	1,61	1,64
Gesättigte Wasserleitfähigkeit [cm/d]					
1. Pflügen 25	54	28	69	11	24
4. Grubbern 15	122*	29	45	11	11

*sign. t_{α} 0,05

Die Bearbeitungsmaßnahmen brachten bei Winterraps sowohl in den einzelnen Jahren als auch im Mittel der Jahre mit Ausnahme bei Direktsaat nur minimale Unterschiede (Tab.2). Die Direktsaat von Raps nach Getreidevorfrucht und Strohdüngung erwies sich als unsicher. Sie verursachte im Jahr 2000 fast totalen Ertragsausfall, da eingeschränkte Wasserzufuhr durch unzureichenden Bodenkontakt und ausbleibende Niederschläge nach der Saat zum Vertrocknen der gekeimten Samen führte.

Tab. 2: Mittlere Erträge [dt/ ha, rel.] im Zeitraum 1991-2002 (26.-37. Versuchsjahr)

Fruchtart/-folge	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	Pflügen 25 ¹	Grubbern 25	Pflügen 15	Grubbern 15	Kreisel- grubber 10	Direkt- saat
1.Winterraps ²	42,5	100	98	98	98	81 ⁵
2.Winterweizen ³	77,2	95	101	99	101	105
3.Wintergetreide ⁴	71,2	95	105	98	98	103

¹ dt/ha =rel. 100 (Var. 2-4 relativ), ² 1991/94/97/00, ³ 1992/95/98/01, ⁴ Roggen (1996), Gerste (1999), Weizen (2002), ⁵ sign. t_{α} 0,05

Der Weizenanbau nach Raps bewirkte nur geringfügige Differenzen zwischen den Bearbeitungsvarianten. Die Ergebnisse lassen bei dieser Fruchtfolgekonstellation zugleich die enormen Einsparmöglichkeiten bei der Bodenbearbeitung erkennen. Größere Probleme bereitete dagegen der Wintergetreidebau nach Weizen. So führte ungleichmäßig verteiltes Häckselstroh bei nichtwendender flacher und mitteltiefer Bearbeitung zu Qualitätsmängeln bei der Saatgutablage und lückigen Beständen, die bei Wintergerste 1999 auch durch die Ährenzahlen und erhöhte Kornzahlen je Ähre und / oder Tausendkorngewichte nicht vollständig ausgeglichen werden konnten. Rohproteingehalt, Sedimentation, Fallzahl und DON-Gehalt unterlagen bei Weizen 2002 (Vorfrucht Winterweizen) keiner variantenspezifischen Beeinflussung.

Literatur

- Hofmann, B., S. Tischer u. O. Christen 2003: Einfluss langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Humusgehalt und biologische Bodeneigenschaften. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 288-289.
- Kutzner, D. 2003: Auswirkungen 37jähriger pflugloser Bodenbearbeitung auf physikalische Bodeneigenschaften und Erträge einer pseudo-vergleyten Parabraunerde im Raum Leipzig. Diplomarbeit, MLU Halle, Inst. Acker- und Pflanzenbau.

Auswirkungen langjähriger konservierender Bodenbearbeitung auf Bodengefüge und Maisertrag

Marcel Fölsch*, Bodo Hofmann* & Olaf Christen*

Einleitung

Langzeituntersuchungen sind für die Bewertung von Bodenbearbeitungsmaßnahmen bzw. zum sicheren Erkennen der damit verbundenen Risiken unverzichtbar und können damit zur rationalen Beurteilung einen wertvollen Beitrag leisten. Nachfolgend soll deshalb über die Auswirkungen 16jähriger konservierender Bodenbearbeitung auf ausgewählte physikalische Bodeneigenschaften und den Maisertrag berichtet werden.

Material und Methoden

Mit den Untersuchungen wurde im Herbst 1984 (1. Erntejahr 1985) auf dem relativ humusarmen und strukturinstabilen lehmigen Sandstandort Leipzig-Seehausen begonnen. Auf der pseudovergleyten Parabraunerde (sL 4 LÖD 58/61) wurden folgende Bearbeitungssysteme verglichen:

7. konventionelle Bodenbearbeitung (Pflügen 20 cm Ölrettich/25 cm Herbstfurche)
8. konservierende Bodenbearbeitung (Zweischichtenpflug 25/10 cm Ölrettich/Mulchsaat m. Saatbettbereitung zu Mais)
9. konservierende Bodenbearbeitung (Grubber 15 cm Ölrettich/Mulchsaat m. Saatbettbereitung zu Mais)

Der Mais stand in der Fruchtfolge Ölrettich/Zuckerrüben-W.-Weizen-Ölrettich/Silomais-W.-Weizen-W.-Gerste. Die Fruchtarten wurden jährlich nebeneinander gestellt. Über detaillierte Versuchsangaben berichtet Fölsch (2004).

Ergebnisse und Diskussion

Der zur Stoppelfrucht vor Mais eingesetzte Zweischichtenpflug ermöglichte eine flache Wendung bei gleichzeitiger partieller Lockerung der unteren Ackerkrume. Die verbleibenden unbearbeiteten Areale dienen als Stützzonen und sollen die Wiederverdichtung der gelockerten Bereiche herabsetzen. Der damit verbundene reduzierte

Tab.1: Trockenrohichte und Grobporenvolumen unter Silomais 2000

Var.	Bodenbearbeitung	Bodentiefe				
		Ölrettich/Mais	0-6 cm	6-12 cm	16-22 cm	24-30 cm
<u>Trockenrohichte [g/cm³]</u>						
1	SF 20/HF 25	1,28*	1,38	1,44	1,50	1,60
2	ZSB 15/10/MS	1,20	1,31*	1,43	1,54	1,56
3	Gr 15/MS	1,20	1,41	1,56*	1,49	1,54
<u>Grobporenvolumen > 10 µm [Vol.-%]</u>						
1	SF 20/HF 25	26,4*	21,7	18,5	15,4	14,7
2	ZSB 15/10/MS	30,4	24,3*	20,0	16,2	16,4
3	Gr 15/MS	29,6	19,7	15,4*	17,8	15,4

* sign. t_{α} 0,05, SF bzw. HF – Saat- bzw. Herbstfurche, ZSB – Zweischichtenbearbeitung (flaches Wenden/zusätzliches Lockern), Gr – Grubbern, MS – Mulchsaat, Bearbeitungstiefe in cm

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

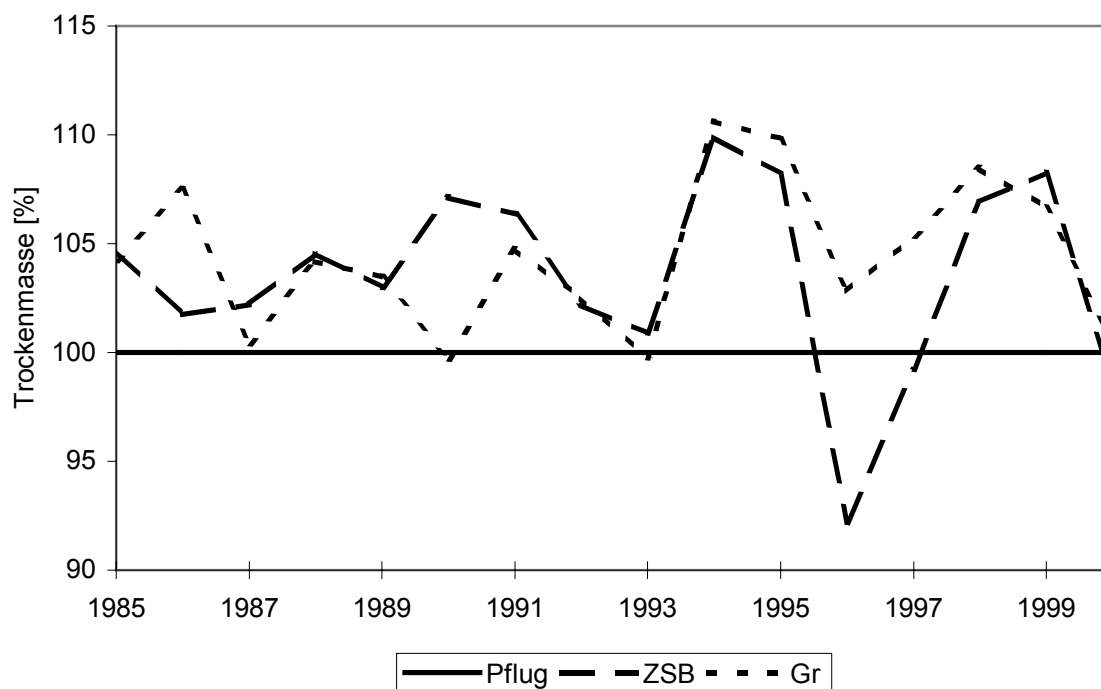


Abb. 1: Trockenmasseertrag (Pflug = 100 %) 1985 - 2000 bei Silomais

mechanische Bodeneingriff bewirkte im Vergleich zur tiefen Vollwendung geringfügig höhere Trockenrohdichten (Tab.1) und eine verminderte Wasser- und Luftleitfähigkeit in der Unterkrume. Diese Effekte traten auch bei ständiger pflugloser Flachbearbeitung in den langjährig nicht bearbeiteten Bodenschichten in der Mittelkrume auf. Der Gasaustausch wurde aber infolge der ausgeprägten Porenkontinuität nicht wesentlich beeinträchtigt. Überaus positiv beeinflusste die langjährige konservierende Bodenbearbeitung die Wasserinfiltration in den oberflächennahen Krumbereichen. In der Krumbasis ergaben sich nach Zweischichten- bzw. pflugloser Bearbeitung gegenüber der Vollwendung bei vergleichbaren Wasserleitfähigkeiten deutlich höhere Luftkapazitäten und Gesamtgroporenvolumina. Die bei ständiger Tieffurche oft nachweisbaren diskontinuierlichen Bodenstrukturübergänge zwischen Krume und angrenzender Krumbasis mit negativen Folgen für die Wasserinfiltration, den Gasaustausch und die Wurzelverbreitung, lassen sich demnach durch konservierende Bodenbearbeitung vermeiden bzw. einschränken.

Zwischen herkömmlicher Bestellung und den Mulchsaaten mit Saatbettbereitung waren die Unterschiede bei Saattiefe und Felddaufgang gering. Die Mulchsaat mit Saatbettbereitung brachte sowohl nach Zweischichtenbearbeitung als auch flacher Bearbeitung mit dem Flügelscharrgrubber gegenüber der krumentiefen Vollwendung vergleichbare, zum Teil höhere Kolbenanteile, Silomais- und Körnermaiserträge (Abb.1). Die in Einzeljahren einbezogene Mulchsaat ohne Saatbettbereitung erwies sich infolge nicht qualitätsgerechter Saatgutablage auf diesem Standort als risikobehaftet (Minderertrag 1996). Bei Körnermais brachten die Mulchsaaten gegenüber dem Pflügen tendenziell eine höhere Tausendkornmasse und Kornzahl je Kolben.

Literatur

Fölsch, M. 2004: Auswirkungen langjähriger konservierender Bodenbearbeitung auf physikalische Bodeneigenschaften und Silomaisertrag einer pseudovergleyten Parabraunerde. Diplomarbeit, MLU Halle, Institut für Acker- und Pflanzenbau.

Auswirkungen langjährig differenzierter mineralisch - organischer Düngung auf die physikalischen Bodeneigenschaften

Sebastian Ulrich*, Björn Benkstein*, Bodo Hofmann* & Olaf Christen*

Einleitung

Für die Bewertung von Bewirtschaftungssystemen (Düngung, Bodenbearbeitung und Fruchtfolge) werden die Parameter herangezogen, welche die Wirkung auf wichtige ökologische Kenngrößen von Luft, Wasser und Boden widerspiegeln. Besonderer Stellenwert ist in dieser Hinsicht der organischen Bodensubstanz beizumessen. Im Rahmen eines DBU-Stipendiums sollen deshalb die Einflüsse unterschiedlicher Humusgehalte auf wachstums- und ökologisch relevante Eigenschaften der Bodenstruktur quantifiziert werden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden mit Abschluss eines Dauerversuches (1967-2002) in der ehemaligen Lehr- und Versuchsstation Leipzig-Seehausen (560 mm langj. Niederschlagsmittel u. 9,3 °C langj. Jahresdurchschnittstemperatur) statt. Anhand einer fünffeldrigen Fruchtfolge (Kartoffeln-Winterweizen-Wintergerste-Zuckerrüben-Sommergerste) wurden die Auswirkungen kombinierter mineralisch-organischer Stickstoffdüngung auf einem Parabraunerde-Pseudogleystandort (schluffig-lehmiger Sand, 11 % Ton, 46 % Schluff und 43 % Sand) untersucht. Die angewandten Untersuchungs- bzw. Messmethoden entsprechen den DIN-Vorschriften für die Bestimmung physikalischer Bodenparameter (u.a. DIN ISO 11274, 11272). Der Durchdringungswiderstand wurde mit einem Laborpenetrometer (Sondenspitze 30°, Basisfläche 78,5 mm²) und die pneumatische Leitfähigkeit mit einem Messgerät der Fa. UGT Müncheberg durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

In den einzelnen Varianten kam es durch die kontinuierliche Anwendung von mineralischen und organischen Stickstoffdüngern zur Differenzierung des Kohlenstoffgehaltes (Tab. 1). Das spiegelte sich auch in den Eigenschaften des Luft- und Wasserhaushaltes des Bodens wider. Mit steigendem C_{org} -Gehalt nahm die Trockenrohichte im Bereich der Ackerkrume systematisch ab. Die ungedüngte Kontrolle wies dabei in den jeweiligen Messtiefen eine um bis zu 0,10 g/cm³ höhere Trockenrohichte als die höchste Stufe mit alleiniger organischer Düngung auf. Der Durchdringungswiderstand bei pF 2,5 wurde dagegen durch die Düngungsmaßnahmen nicht beeinflusst. In Übereinstimmung mit Schjønning et al. (1994) stellte sich heraus, dass der höhere Gehalt an Kohlenstoff im Boden sich positiv auf das Porenvolumen auswirkte, die nutzbare Feldkapazität und das Grobporenvolumen ($d_p > 10 \mu m$) nahmen jedoch nur tendenziell zu. Analog zu den Kapazitätskennwerten verhielt sich auch die pneumatische Leitfähigkeit bei pF 2,5. Die gesättigte Wasserleitfähigkeit (Abb. 1) reagierte dagegen ausnahmslos positiv auf die steigende organische Düngung bzw. die höheren Gehalte an organischer Bodensubstanz. Besonders bei Überschreiten einer jährlichen Zufuhr von 100 kg/ha Stallmist-N stiegen die kf-Werte nahezu linear an, während die Differenzen zwischen der ungedüngten und der mit 50 kg Stallmist-

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

N/ (ha*a) versorgten Parzellen im Bereich der Oberkrume (0-6 cm) und Mittelkrume (16-22 cm) eher minimal sind.

Tab. 1: Kohlenstoffgehalt und physikalische Bodenparameter im Bereich der Ackerkrume

Variante/Tiefe	C _{org} ² [M.-%]	TRD ³ [g/cm ³]	GPV ⁴ [Vol.-%]	FK ⁵ [Vol.-%]	nFK ⁶ [Vol.-%]	pL ⁷ [cm/s]	DW ⁸ [N/mm ²]
0-6 cm							
0/0 ¹	0,88	1,41	24,1	30,3	22,6	1,9	0,6
0/150	0,95	1,39	23,8	30,2	22,6	1,3	0,6
100/100	1,31	1,33	25,7	31,9	23,5	2,1	0,6
150/0	1,45	1,36	23,7	32,2	23,4	3,9	0,8
150/150	1,46	1,31	26,1	31,6	23,1	5,2	0,5
16-22 cm							
0/0	0,88	1,61	12,9	30,3	21,4	2,0	1,4
0/150	0,95	1,62	12,5	29,9	20,9	0,5	1,5
100/100	1,31	1,53	14,6	31,8	22,2	2,2	1,3
150/0	1,45	1,51	14,2	32,0	22,2	2,4	1,3
150/150	1,46	1,52	14,5	32,7	22,9	2,7	1,5

¹ organisch/mineralisch zugeführte Stickstoffmenge [kg N/ (ha*a)], ² Kohlenstoffgehalt, ³ Trockenrohdichte, ⁴ Grobporenvolumen (d_p > 10 µm), ⁵ Feldkapazität (pF 1,8), ⁶ nutzbare Feldkapazität, ⁷ pneumatische Leitfähigkeit bei pF 2,5, ⁸ Durchdringungswiderstand bei pF 2,5

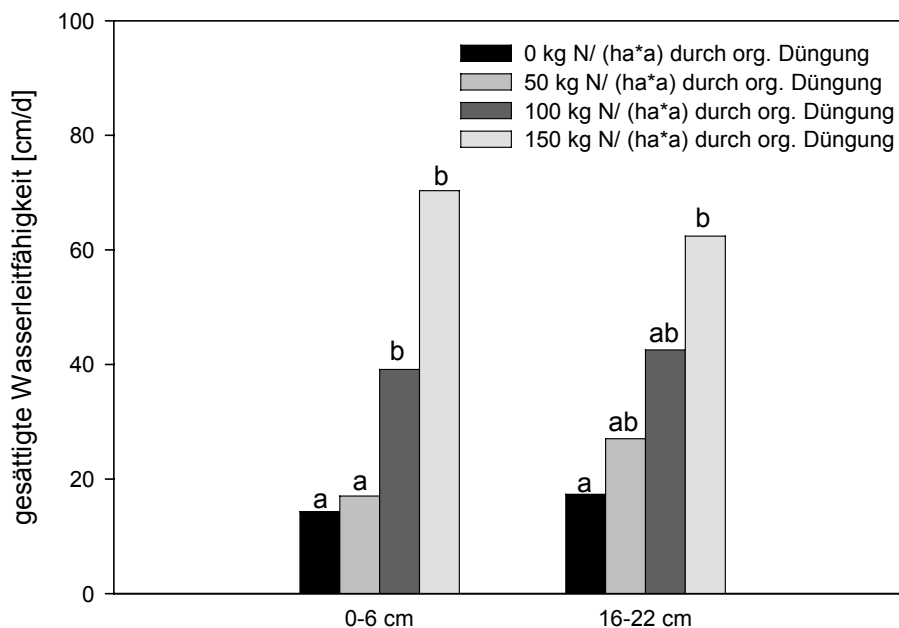


Abb. 1: Gesättigte Wasserleitfähigkeit im Bereich der Ackerkrume (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen einen signifikanten Unterschied mit p < 0,05)

Literatur

Schjønning, P.; B. T. Christensen und B. Carstensen 1994: Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years. European Journal of Soil Science 45, 257-268.

Auswirkungen langjährig differenzierter mineralisch-organischer Düngung auf die biologischen Bodeneigenschaften

Sebastian Ulrich*, Sabine Tischer**, Bodo Hofmann* & Olaf Christen*

Einleitung

Dauerversuche sind ein unentbehrliches Hilfsmittel zur Quantifizierung biologischer Einflussgrößen des Kohlenstoff- und Stickstoffkreislaufs. Sie geben wesentliche Informationen zur nachhaltigen Gestaltung der Bodennutzung. In einem auslaufenden Dauerversuch wurden deshalb die Auswirkungen langjähriger mineralisch-organischer Düngung auf mikrobielle Aktivität, Enzymaktivität (Katalase, β -Glucosidase) und die Lumbricidenfauna untersucht.

Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten an der Lehr- und Versuchsstation Leipzig-Seehausen (Parabraunerde Pseudogley, schluffig-lehmiger Sand, 12 % Ton, 1,0 % C_{org} , mittl. Jahrestemperatur 9,1 °C, mittl. Jahresniederschlag 552 mm) der Martin-Luther-Universität. In einem langjährigen Feldversuch (Versuchsbeginn 1967) wurde der Einfluss kombinierter Mineralstickstoff- und Stallmistgaben (Mittel der Fruchtfolge je Jahr jeweils 0, 50, 100, 150 kg N/ ha) in der Fruchtfolge Kartoffeln-Winterweizen-Wintergerste-Zuckerrüben-Sommergerste untersucht.

Die Proben wurden aus dem Ap-Horizont (0-25 cm) varianten- und wiederholungsweise entnommen ($n = 64$). Über die angewandten biologischen Untersuchungsmethoden informiert Tischer (2000).

Ergebnisse und Diskussion

In den einzelnen Varianten führte die langjährig differenzierte mineralisch-organische Düngung zu unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten (C_{org} , C_{hwl} , C_{mic}) im Boden. Die alleinige mineralische Düngung wies dabei in ihrer höchsten Stufe einen C_{org} -Gehalt von 0,95 M.-% im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle mit 0,88 M.-% auf. Durch den Stallmist stieg der Kohlenstoffgehalt bis auf 1,45 M.-% an. Eine Kombination beider Düngerformen führte dagegen zu keiner weiteren Differenzierung des organisch gebundenen Kohlenstoffs. Analog zum C_{org} -Gehalt im Boden verhielt sich auch der schnellumsetzbare Anteil des Kohlenstoffs (C_{hwl}). Das vermehrte Angebot an organischer Bodensubstanz wirkte sich nachhaltig auf die biologische Aktivität aus. Dabei wurde neben der mikrobiellen Biomasse und den Enzymaktivitäten (Katalase, β -Glucosidase) auch die Lumbricidenpopulation positiv beeinflusst. Die mikrobielle Biomasse (C_{mic}) nahm mit steigender organischer Düngung, unabhängig der Höhe der mineralischen N-Düngung (Tab. 1), zu. Das Gleiche galt auch für die Katalase und die β -Glucosidase, welche jedoch bei steigender organischer Düngung auch auf die Zunahme der mineralisch applizierten N-Menge reagierte. Hier waren kumulative Effekte nachweisbar. Die Lumbricidenanzahl und -biomasse sowie die Artendiversität (Abb. 1) verhielt sich entsprechend dem Angebot an organischer Bodensubstanz. Die Beziehungen waren durch eine positive Korrelation gekennzeichnet.

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

** Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Weidenplan 14, 06108 Halle

Tab. 1: Einfluss kombinierter mineralisch-organischer Düngung auf die mikrobielle Biomasse und die Enzymaktivität im Boden

		mineralische Düngung [kg N/ (ha*a)]			
		0	50	100	150
organische Düngung [kg N/ (ha*a)]	Mikrobielle Biomasse (C_{mic}) [$\mu\text{g C/ g Boden}$]				
	0	127,1	120,4	122,2	118,9
	50	152,3	149,2	158,0	151,1
	100	168,0	175,4	173,3	179,3
	150	206,7	197,5	185,6	195,6
	Katalasezahl				
	0	4,4	4,5	4,6	4,5
	50	5,8	6,9	6,7	6,0
	100	7,0	7,1	8,0	9,1
	150	9,5	9,3	9,8	9,7
	β -Glucosidase [$\mu\text{g Saligenin/ g Boden}$]				
	0	16,1	16,7	16,6	15,3
50	16,1	17,9	32,1	28,1	
100	32,9	41,7	42,3	45,7	
150	33,8	42,7	43,0	41,6	

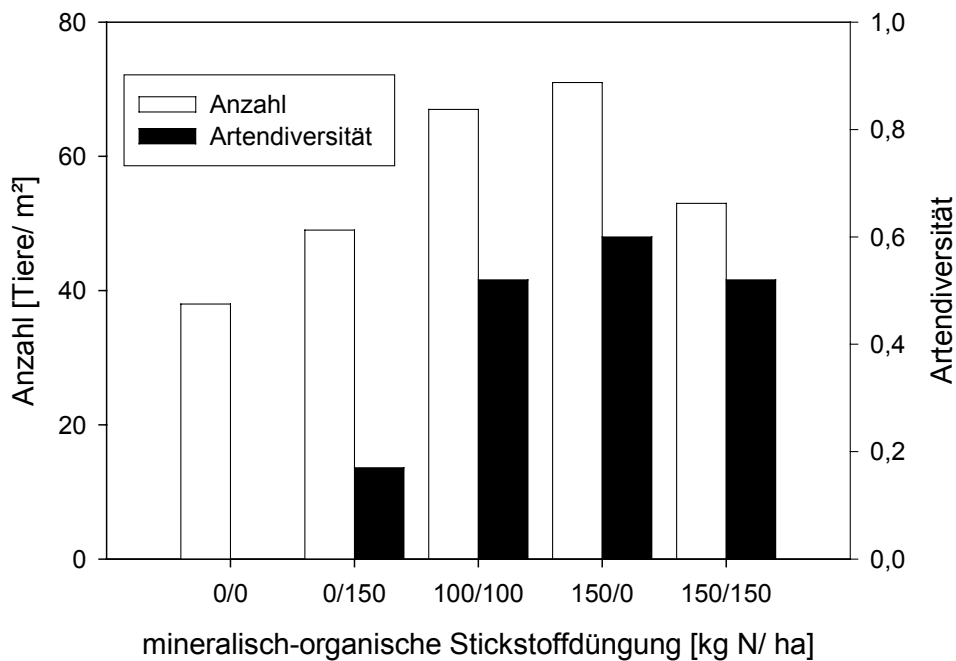


Abb. 1: Einfluss der der mineralisch-organischen Düngung auf die Anzahl und die Artendiversität der Lumbriciden

Literatur

Tischer, S. 2000: Veränderung der mikrobiologischen Aktivität nach Bewirtschaftungswechsel. In: Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau. UZU-Schriftreihe, Neue Folge, 101-107.

Effekte langjährig differenzierter N-, P- und K-Gaben auf Grundnährstoffgehalte im Boden verschiedener Mähweiden

M. Sterzenbach & W. Opitz v. Boberfeld*

Einleitung

Langjährig differenzierte N-, P- und K-Gaben haben einen Einfluss auf die Grundnährstoffgehalte der Böden; diese Auswirkungen sind vor allem bei einer P- und K-Düngung umso größer, je geringer die Versorgung der Böden mit diesen Nährstoffen und je ungünstiger der pH-Wert ist (Opitz v. Boberfeld 1994). Nicht zu vernachlässigen sind dabei mögliche Interaktionen, die gegebenenfalls erst nach Jahren auftreten, wodurch Langzeitversuche notwendig sind. Aus diesem Grund sollen hier die langfristigen Wirkungen einer differenzierten N-, P- und K-Versorgung auf die Grundnährstoffgehalte im Boden und mögliche Interaktionen untersucht werden.

Material und Methoden

Vier Freilandversuche wurden 1986 als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen auf landwirtschaftlich genutzten Dauernarben unterschiedlicher Höhenlage (= 210, 260, 360 und 620 m ü. NN) mit den in der Übersicht aufgelisteten Faktoren

Faktoren	Stufen
1. N-Düngung	1.1 0 kg N ha ⁻¹ (= N0)
	1.2 160 kg N ha ⁻¹ (= N1)
	1.3 320 kg N ha ⁻¹ (= N2)
2. P-Düngung	2.1 0 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ (= P0)
	2.2 120 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ (= P2)
3. K-Düngung	3.1 0 kg K ₂ O ha ⁻¹ (= K0)
	3.2 160 kg K ₂ O ha ⁻¹ (= K2)

und Stufen angelegt.

Zur N-Versorgung diente Kalkammonsalpeter (= in vier gleichen Teilmengen); Phosphat wurde als Hyperphosphat (= 60 kg ha⁻¹ im April) und Superphosphat (= 60 kg ha⁻¹ im Juli) gegeben. Die K-Düngung erfolgte in Form von Magnesia-Kainit (= 80 kg ha⁻¹ im April) und 50er Kali (= 80 kg ha⁻¹ im Juli).

Die Bodenproben wurden mittels PÜRCKHAUER-Bohrstock in der Bodenschicht 0-10 cm Mitte No-

vember entnommen. Die Bestimmung der pH-Werte erfolgte potentiometrisch in 0,01 M CaCl₂ (Anonymus 1991); P und K wurden qualitativ in einem Calcium-Acetat-Laktat-Auszug erfasst (Anonymus 1991).

Ergebnisse und Diskussion

Die pH-Werte – hier nicht dargestellt – liegen standortabhängig bei der ungedüngten Variante zwischen 4,5 (= 620 m ü. NN) und 5,6 (= 210 m ü. NN). Interaktionen bezogen auf den pH-Wert liegen zwischen N x P und N x K vor; bei 320 kg N ha⁻¹ führen eine P- bzw. K-Düngung standortabhängig zu höheren pH-Werten. Die Steigerung von 160 auf 320 kg N ha⁻¹ führt standortabhängig zu einer Abnahme des pH-Wertes. Bezogen auf die Zielgröße Phosphat liegt bei den meisten Standorten eine Wechselwirkung N x P vor, die durch das abweichende Verhalten der N0-Variante ausgelöst wird. Höhere N-Gaben bedingen höhere P-Entzüge. Die Interaktionen N x K und P x K sind bezogen auf die Zielgröße Phosphat nicht signifikant.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II – Grünlandwirtschaft und Futterbau – der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Für die K_2O -Gehalte ist die Wechselwirkung N x K gesichert, auch sie wird durch das abweichende Verhalten der N0-Variante ausgelöst und ist hier noch markanter als bei den P_2O_5 -Gehalten ausgeprägt. Die Interaktion N x P und P x K sind für die Zielgröße K_2O -Gehalt nicht signifikant. Die Größe der Einzeldaten sind in den Abb. 1 und 2 wiedergegeben.

Für die Bemessung der Grunddüngung ist das N-Düngungsniveau zu beachten.

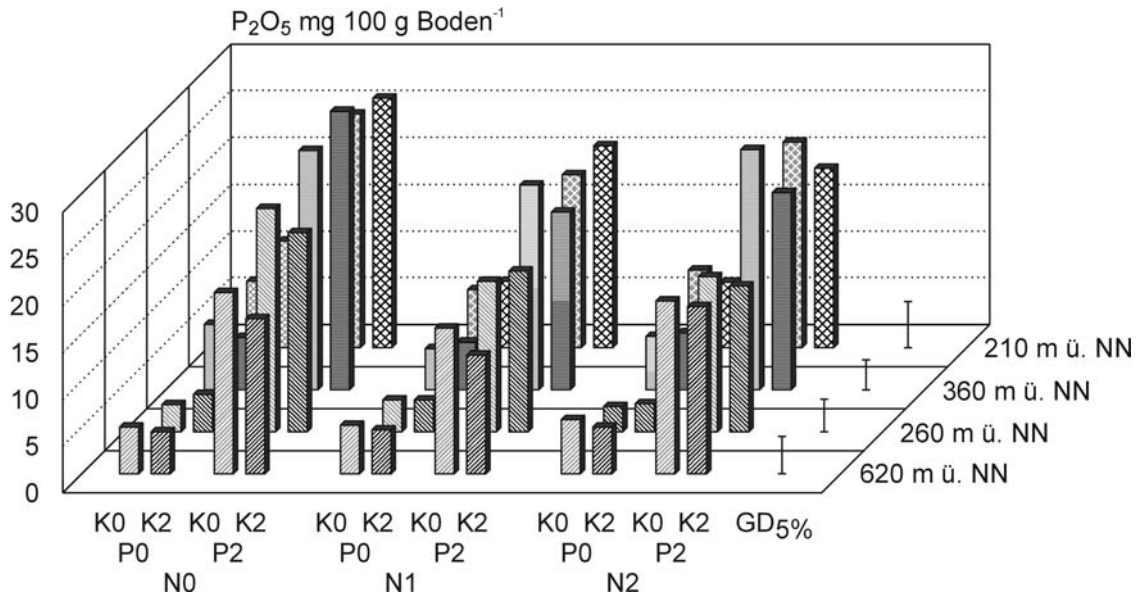


Abb. 1: P_2O_5 -Gehalt in Abhängigkeit von Höhenlage und N-P-K-Düngung

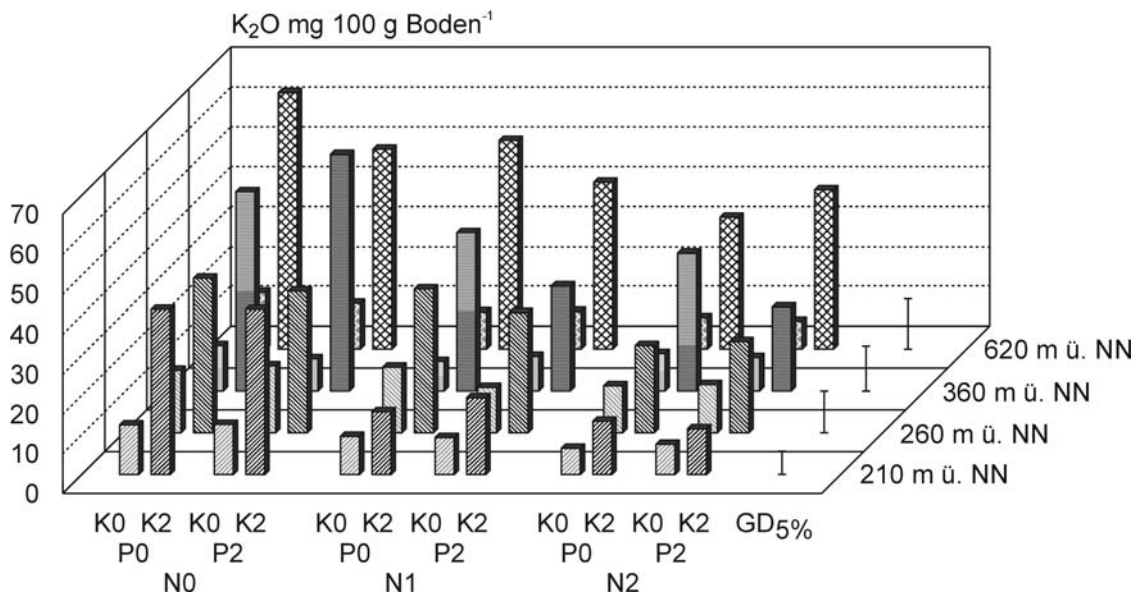


Abb. 2: K_2O -Gehalt in Abhängigkeit von Höhenlage und N-P-K-Düngung

Literatur

- Anonymus 1991: Die Untersuchung von Böden. Methodenbuch Band 1, 4. Auflage, Verlag VDLUFA, Darmstadt.
- Opitz v. Boberfeld, W. 1994: Grünlandlehre. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Langjährig differenzierte N-, P-, K-Gaben und ihr Effekt auf die Artenvielfalt von Mähweiden

J. Oerlemans & W. Opitz v. Boberfeld*

Einleitung

Im letzten Jahrhundert ist es aufgrund einer starken Intensivierung der Landbewirtschaftung zu einer deutlichen Reduzierung der Pflanzendiversität gekommen. Es gibt bislang nur sehr wenig Information über die optimale Nährstoffversorgung für die Erhaltung und Regeneration von artenreichen Grünlandgesellschaften, überwiegend wird jedoch Artenreichtum mit geringer Nährstoffverfügbarkeit in Zusammenhang gebracht (Chapmann 2001). Ziel dieser Untersuchung ist es, festzustellen, wie sich eine langjährig differenzierte N-, P-, K-Düngung auf die Artenvielfalt einer Mähweide auswirkt.

Material und Methoden

Grundlage der Betrachtung ist eine Versuchsfläche auf 260 m über NN die über 17 Jahre (1986-2002) unterschiedlich mit Stickstoff, Phosphat und Kalium versorgt wurde, vgl. Tab. 1. Der Boden des Versuchsstandortes hat in ungedüngtem Zustand folgende bodenchemische Werte: pH 5,5 / 3 mg P₂O₅ * 100 g Boden⁻¹ / 16 mg K₂O * 100 g Boden⁻¹. Die N-Versorgung erfolgte mittels Kalkammonsalpeter, Phosphat wurde in Form von Hyper- und Superphosphat gedüngt. Magnesia-Kainit und 50er Kali wurden zur Kalium-Versorgung verwendet. Die Varianten sind nach einem Lateinischen Rechteck mit drei Wiederholungen angeordnet. Die Ertragsanteile der vorkommenden Pflanzenarten wurden bei jeder Düngungsvariante vor der Ernte des Primäraufwuchses in 2002 nach Klapp/Stählin (1929) geschätzt, wobei die Aufnahmeflächen der Düngungsvarianten gleich groß waren. Neben der Artenzahl wurde zusätzlich der Shannon-Index (Magurran 1988) für jede Düngungsvariante aus den Ertragsanteilen der vorkommenden Pflanzenarten ermittelt. Die oben aufgeführten Indikatoren wurden mehrfaktoriell varianzanalytisch verrechnet, wobei für die Artenzahl vor der statistischen Verrechnung eine Wurzeltransformation vorgenommen wurde.

Tab. 1: Düngungsvarianten des N-, P-, K-Versuchs

Faktoren	Stufen	
1. N-Düngung	1.1	0 kg * ha ⁻¹
	1.2	160 kg * ha ⁻¹
	1.3	320 kg * ha ⁻¹
2. P ₂ O ₅ -Düngung	2.1	0 kg * ha ⁻¹
	2.2	60 kg * ha ⁻¹
	2.3	120 kg * ha ⁻¹
2. K ₂ O-Düngung	3.1	0 kg * ha ⁻¹
	3.2	80 kg * ha ⁻¹
	3.3	160 kg * ha ⁻¹

Ergebnisse und Diskussion

Die höchste Artenzahl existiert bei den Varianten ohne Düngung (Abb. 1). Bei höheren Düngergaben werden schnell wachsende und konkurrenzfähige Arten gefördert und langsam wachsende und weniger aggressive Arten verdrängt. Dies hat eine geringere Gesamtartenzahl zur Folge (Chapmann 2001). Auch in diesem Versuch wird auf Basis einer Wurzeltransformation eine signifikante Abnahme der

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

Artenzahl in Abhängigkeit von der N- sowie P-Düngung festgestellt. Unter Einfluss von N-Gaben nimmt der Ertragsanteil von *Lolium perenne* ab und die Dominanz von vor allem *Holcus lanatus* und *Alopecurus pratensis* zu. Die Ersetzung von Untergräsern durch Obergräser bedingt, dass infolge von Lichtkonkurrenz vor allem die Anzahl von Leguminosen- und sonstigen Kräuterarten abnimmt. Vermutlich ergeben sich durch eine niedrige P_2O_5 -Versorgung des Bodens im Ausgangszustand bei einer P-Gabe mit Verzicht von N-Düngung Vorteile für vor allem die Leguminosen. Bei den Düngungsvarianten ohne N-Düngung bewerkstelligt eine P-Gabe auf diesem Standort hohe Ertragsanteile von *Trifolium repens* (= bis zu 40%). Hierbei werden wiederum hauptsächlich die übrigen Leguminosen- und sonstigen Kräuterarten verdrängt. Die K-Düngung hat keinen Einfluss auf die Artenzahl.

Wird jedoch in einer Biodiversitätsmessung nicht nur die Artenzahl, sondern auch die Verteilung der Ertragsanteile einzelner Arten berücksichtigt, wie z.B. in dem oft genutzten Shannon-Index, dann ist die Wirkung langfristiger Düngergaben undeutlicher (Abb. 2). Die N-Düngung hat einen gesicherten Einfluss. Eine N-Gabe von $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ hat im Vergleich zu keiner N-Düngung wegen der Abnahme in Artenzahl fast immer einen niedrigeren Shannon-Index zur Folge. Im Gegensatz dazu bewerkstelligt eine Erhöhung der N-Gabe von 160 auf $320 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oft eine Erhöhung des Shannon-Index. Dies wird vermutlich dadurch verursacht, dass bei höheren N-Gaben die Artenzahl zwar abnimmt, aber in Abhängigkeit von der Kombination der N-, P-, K-Gabe die Massenanteile der vorkommenden Arten eine gleichmäßigere bzw. ungleichmäßigere Verteilung aufweisen können. Dies hat einen positiven bzw. negativen Einfluss auf den Shannon-Index. Mittels der Varianzanalyse konnte keine signifikante Wirkung einer P- oder K-Düngung auf den Shannon-Index festgestellt werden.

Literatur

- Chapmann, R., 2001. Recreated botanical diverse grassland. In: Competition and Succession in Pastures, Eds.: P.G. Tow & A. Lazenby, CAB International, 261-282.
- Klapp, E., 1929. Thüringische Rhönhutungen. Wissenschaftliches Archiv der Landwirtschaftlichen Abteilung A, Archiv Pflanzenbau 2, 704-786.
- Magurran, A.E., 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton University Press, New Jersey.

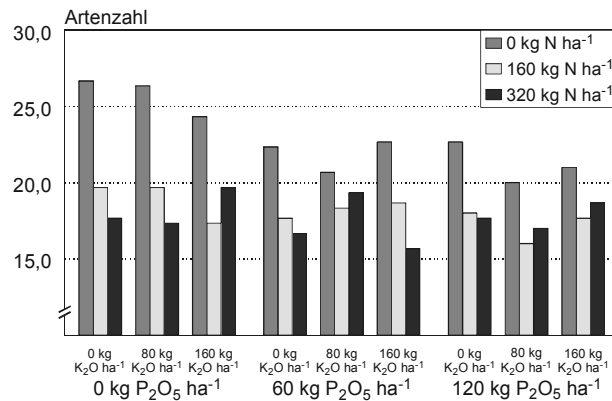


Abb. 1: Artenzahl einer Mähweide in Abhängigkeit langjähriger N-, P-, K-Düngung

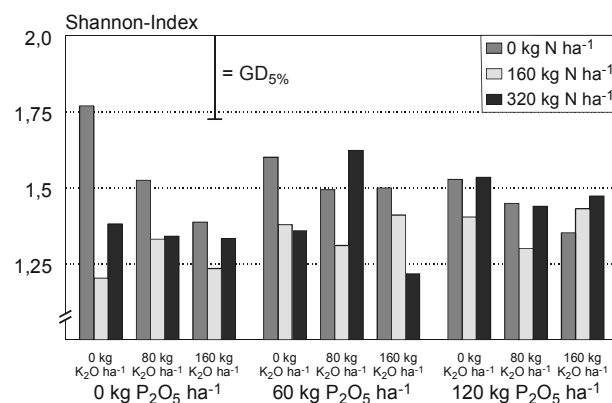


Abb. 2: Shannon-Index einer Mähweide in Abhängigkeit langjähriger N-, P-, K-Düngung

Erste Anzeichen des Klimawandels in der Landwirtschaft

Frank-M. Chmielewski*

Einleitung

Phänologische Daten ermöglichen die Saisonalität von Pflanzen zu beschreiben, die natürliche Vegetationszeit einer Region zu definieren und den jährlichen Entwicklungsverlauf der Vegetation darzustellen. Da die Entwicklungsprozesse der Pflanzen in hohem Maße temperaturabhängig sind, werden phänologische Beobachtungen zu sensitiven Bioindikatoren von Klimaänderungen in den mittleren und höheren Breiten.

Material und Methoden

Die Definition der Vegetationsperiode kann auf vielfältige Art und Weise erfolgen. In der hier vorliegenden Studie wurde dieser Zeitraum mit Hilfe phänologischer Beobachtungen aus der natürlichen Vegetation abgegrenzt. Der Beginn der Vegetationsperiode wurde mit Hilfe der Blattentfaltung verschiedener Pflanzen, das Ende der Vegetationszeit entsprechend mit dem Blattfall der entsprechenden Arten definiert.

Für die Untersuchungen wurden phänologische Beobachtungen der Internationalen Phänologischen Gärten Europas (IPG) und Daten des Deutschen Wetterdienstes verwendet. Zur Beschreibung der Beziehungen zwischen Klimaänderung und Pflanzenentwicklung wurden zusätzlich Beobachtungsdaten der Lufttemperatur für Europa (NCEP/Re-Analyse Daten) und Deutschland (Daten der WWR) herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Im Zeitraum 1961-2000 hat die Lufttemperatur in ganz Europa stetig zugenommen. Der lineare Trend in diesem 40jährigen Abschnitt beträgt für Europa + 0.12 K/ Jahrzehnt ($p < 0.05$), für Deutschland sogar + 0.36 K/Jahrzehnt ($p < 0.01$). Sehr auffällig ist hierbei die markante Erwärmung seit dem Ende der 1980er Jahre. Somit zählen die 1990er Jahre sowohl im globalen Maßstab als auch regional und lokal zu dem wärmsten Jahrzehnt seit dem Beginn instrumenteller Aufzeichnungen. Veränderungen in der Niederschlagshöhe sind größtenteils nicht signifikant, weisen jedoch tendenziell auf eine Zunahme der winterlichen und eine Abnahme der sommerlichen Niederschläge hin.

Analysen phänologischer Zeitreihen belegen, dass sowohl die natürliche Vegetation, als auch Obstgehölze und landwirtschaftliche Nutzpflanzen eindeutig auf die höheren Temperaturen reagiert haben.

Ein anschaulicher Beleg hierfür ist die Verlängerung der Vegetationsperiode in Europa, die im Wesentlichen auf den zeitigeren Vegetationsbeginn zurückzuführen ist. Im Mittel hat sich die Vegetationszeit in Europa in den letzten 30 Jahren signifikant ($p < 0.01$) um 11 Tage verlängert. Für den Beginn der Vegetationsperiode ist der Temperaturverlauf zwischen Februar und April entscheidend (Abb. 1). Eine Erwärmung um 1 K führt zu einer Verfrühung des Vegetationsbeginns um eine Woche (Chmielewski und Rötzer 2001).

* Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Lehrgebiet Agrarmeteorologie, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin – chmielew@agrar.hu-berlin.de

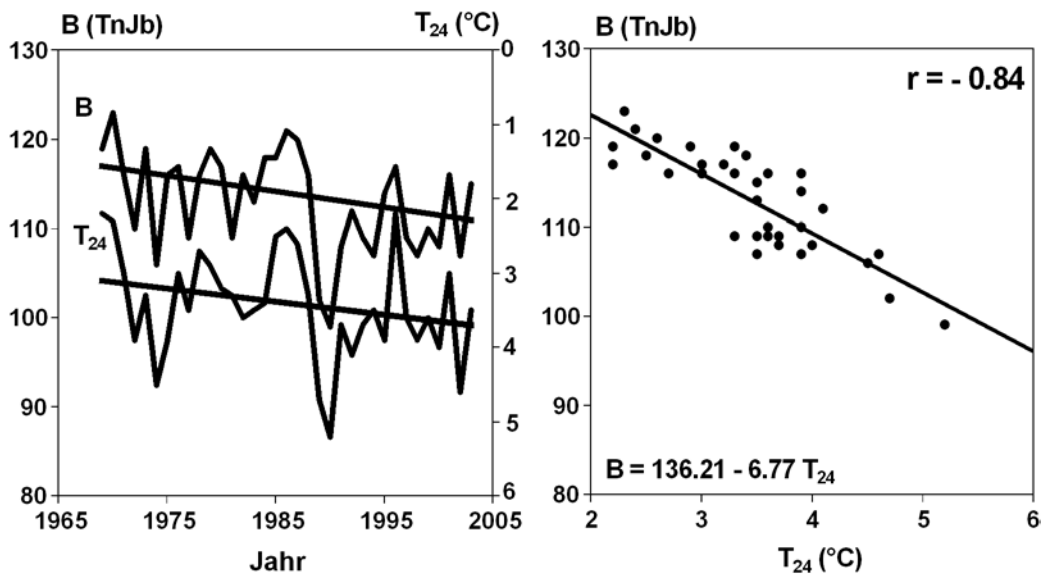


Abb. 1: Beginn der Vegetationsperiode (B) und mittlere Lufttemperatur von Februar bis April (T_{24}) in Europa, 1969-2003, Daten: IPG

Auf Deutschland sind diese Befunde uneingeschränkt übertragbar. Hier hat sich der Vegetationsbeginn in den letzten 40 Jahren gleichfalls um 9 Tage verfrüht. Phänophasen von Obstgehölzen wie der Beginn der Kirsch- und Apfelblüte zeigen vergleichbare Veränderungen in der Entwicklung, die im eindeutigen Zusammenhang zum Anstieg der Lufttemperatur stehen. Selbst die phänologischen Phasen von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen, beispielsweise die vom Winterroggen, zeigen einen adäquaten Trend zur Verfrühtung (Chmielewski et al. 2004a).

Jüngste regionale Studien für das Bundesland Sachsen belegen, dass sich die zu beobachteten Veränderungen in der Vegetationsentwicklung in diesem Jahrhundert weiter fortsetzen werden (Chmielewski et al. 2004b). Die Entwicklungszeiträume der Pflanzen werden sich noch stärker in Richtung Jahresbeginn verschieben. Höhere Temperaturen in den Sommermonaten beschleunigen gleichfalls die Fruchtreife. Für Obstgehölze wird sich das Spätfrostisiko während der Blüte deutlich erhöhen. In extrem warmen Jahren, ist mit außerordentlich starken Verfrühtungen in der Entwicklung der Pflanzen zu rechnen.

Eine Verlängerung der Vegetationsperiode eröffnet generell neue Möglichkeiten im Pflanzenbau. Hierdurch kann sich ein größerer Spielraum u. a. für die Sortenwahl, den Zwischenfruchtanbau und die Gestaltung der Fruchtfolge ergeben. Andererseits führen höhere Temperaturen innerhalb der Vegetationszeit der Kulturarten zu einer Verkürzung der Phasenlängen, wodurch die Ertragsbildung der Nutzpflanzenarten negativ beeinflusst werden könnte. Abnehmende Niederschlagshöhen in der Vegetationszeit werden ebenfalls regional zu Problemen im Pflanzenbau führen.

Literatur

- Chmielewski, F.-M.; Rötzer, T. 2001: Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108, 101-112.
- Chmielewski, F.-M., A. Müller, E. Bruns 2004a: Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crop in Germany, 1961-2000, *Agricultural and Forest Meteorology* 121(1-2), 69-78.
- Chmielewski, F.-M., A. Müller, W. Küchler 2004b: Mögliche Auswirkungen auf die Vegetationsentwicklung in Sachsen. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt, gefördert durch das SLfUG, Eigenverlag HU, 106 S.

Wachstum von Zuckerrüben in Abhängigkeit von Genotyp und Wasserversorgung

D. Bloch & C. Hoffmann*

Einleitung

Die Entwicklung von Ertrag und Qualität von Kulturpflanzen ist das Ergebnis von komplexen Beziehungen zwischen den genetischen Voraussetzungen der Pflanze und ihrer Umwelt. Die Umwelt wird durch die Faktoren Boden, Klima, Relief und Witterung sowie die Bewirtschaftung charakterisiert. Wassermangel während der Sommermonate ist in vielen Zuckerrübenanbaugebieten die Hauptursache für Ertragsverluste. Eine züchterische Anpassung des Sortenmaterials an Trockenheit wird als Alternative gegenüber der Anwendung von Zusatzberegnung gesehen (OBER 2001). Um zu klären, ob bei Zuckerrüben genetische Variabilität für die Reaktion auf Trockenstress vorhanden ist, wurde die Entwicklung unterschiedlicher Genotypen während der Vegetationsperiode an Trockenstandorten mit und ohne Beregnung untersucht.

Material und Methoden

In Heuchelheim im Trockengebiet der Vorderpfalz und in Wörrzig im Mitteldeutschen Trockengebiet wurden im Jahr 2003 Feldversuche mit Zuckerrüben mit und ohne Beregnung angelegt. Geprüft wurden vier Genotypen, die unterschiedliche Ertrags- und Qualitätseigenschaften aufwiesen und als unterschiedlich trockenheitstolerant eingestuft wurden. Die Beregnung erfolgte ab Anfang Juli in fünf Gaben mit insgesamt 200 (Heuchelheim) bzw. 150 (Wörrzig) mm Wasser. Von Ende Juni bis Anfang Oktober wurden im fünfwöchigen Rhythmus Zwischenernten (je 80-100 Pflanzen, vier Wiederholungen) durchgeführt. Dabei wurde der Ertrag von Blatt und Rübe bestimmt sowie der Zuckergehalt und die Konzentration der Melassebildner K, Na und α -Amino-N im Rübenkörper analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort Heuchelheim war das Rübenwachstum ohne Beregnung im Vergleich zur berechneten Variante stark reduziert (Abb. 1A). Im Mittel der Sorten war der Rübenertrag ohne Beregnung zur Ernte um 43 t ha^{-1} vermindert. Die zeitliche Entwicklung des Rübenwachstums und die Reaktion auf die unterschiedliche Wasserversorgung war bei allen Genotypen sehr ähnlich, es trat keine Wechselwirkung zwischen Genotyp und Beregnung auf. Die Blatterträge aller Genotypen stiegen unter Beregnung vom ersten zum zweiten Erntetermin rasch an und blieben dann bis zum Ende der Vegetationsperiode relativ konstant (Abb. 1B). In der Variante ohne Beregnung dagegen fand von der ersten Zwischenernte an kein Nettozuwachs an Blattmasse mehr statt, wobei im weiteren Versuchsverlauf die Blatterträge sogar abnahmen. Genotypische Unterschiede waren unter optimaler Wasserversorgung sehr groß, traten dagegen bei Wassermangel kaum auf. Auch bei Weizen wurde eine Unterdrückung von genetischer Variabilität unter Trockenstress beschrieben (DHANDA et al. 2004). Die relativen Verluste aufgrund der Trockenheit waren im Blattertrag größer als im Rübenertrag. Generell reagiert die Umlagerung von Assimilaten weniger empfindlich auf ein abnehmendes Wasserpotential in der Pflanze als Zellvergrößerung und Blattwachstum. Das Rübe-Blatt-Verhältnis stieg

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

infolgedessen in der unberegneten Variante stärker als unter Beregnung (Abb. 1C). Es traten deutliche genotypische Unterschiede auf. Die Assimilatverteilung kann bedeutend für die Trockenstresstoleranz eines Genotyps sein (BRUCE et al. 2002). Insbesondere ein starkes Blattwachstum, bei dem der optimale Blattflächenindex überschritten wird, kann sich in Trockenphasen ungünstig auswirken, weil dadurch unnötige Transpirationsverluste auftreten. Im vorliegenden Versuch war aber trotz der Variabilität im Rübe-Blatt-Verhältnis kein Unterschied in der Ertragsreaktion der verschiedenen Genotypen feststellbar. Auch bezüglich des Zuckergehaltes und der Melassebildner war an keinem der beiden Versuchsstandorte eine Wechselwirkung zwischen Genotyp und Beregnung vorhanden. Genotypische Unterschiede in der Trockenstresstoleranz konnten trotz der Heterogenität des untersuchten Sortenmaterials nicht festgestellt werden. Demnach stellt die Sortenwahl bei Zuckerrüben derzeit keine Alternative zu Beregnung oder pflanzenbaulichen Möglichkeiten der Wassereinsparung dar.

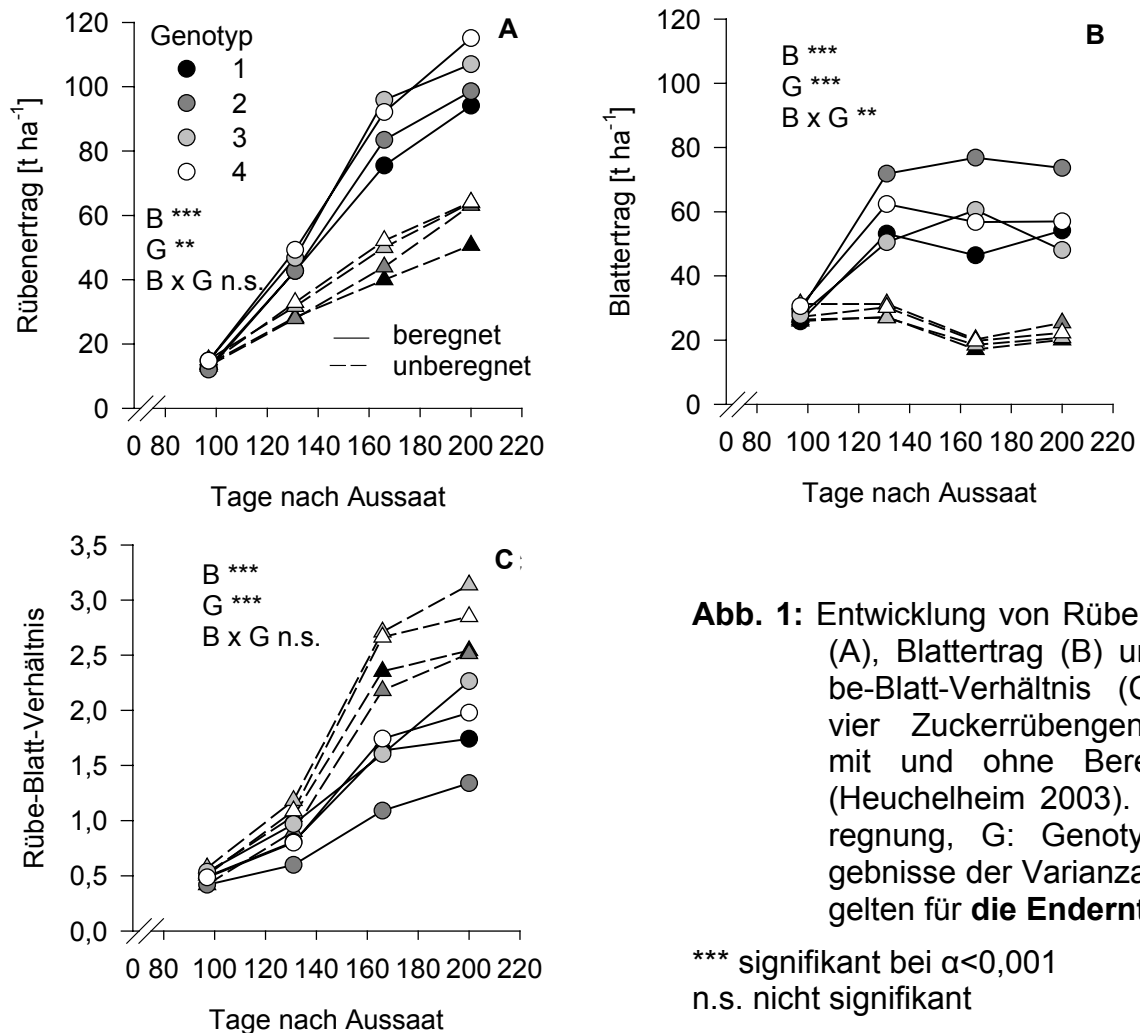


Abb. 1: Entwicklung von Rübenertrag (A), Blattertrag (B) und Rübe-Blatt-Verhältnis (C) von vier Zuckerrübengenotypen mit und ohne Beregnung (Heuchelheim 2003). B: Beregnung, G: Genotyp. Ergebnisse der Varianzanalyse gelten für **die Endernte**.

*** signifikant bei $\alpha < 0,001$
n.s. nicht signifikant

Literatur

- Bruce, W.B.; G.O. Edmeades und T.C. Barker 2002: Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *J. Exp. Bot.* 53: 13-25.
Dhanda, S.S.; G.S. Sethi und R.K. Behl 2004: Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *J. Agron. Crop Sci.* 190: 6-9.
Ober, E. 2001: The search for drought tolerance in sugar beet. *Brit. Sugar Beet Rev.* 69: 40-43.

Dürre- und Hitzestress: Einfluss auf Wachstum und Ertrag von zwei Zuckerrübensorten

Sven Schubert, Fathi Abd-El-Motagally & Diedrich Steffens*

Einleitung

Im Sommer 2003 wurde das Pflanzenwachstum in weiten Teilen Europas erheblich durch Dürre- und Hitzestress beeinträchtigt. Besonders für die Produktion von Zuckerrüben war unklar, ob der Ertrag primär durch unzureichende Wasser-versorgung oder hohe Temperaturen beeinträchtigt wurde, und inwieweit Source- oder Sinkstärke (Ho 1988) den Ertrag an extrahierbarem Zucker limitierte. Um zwischen den beiden Stressfaktoren unterscheiden zu können und um ihre Interaktionen zu untersuchen, wurde ein Gefäßversuch unter kontrollierten Bedingungen in zwei Klimakammern durchgeführt.

Material und Methoden

Zwei unterschiedliche Bewässerungsvarianten (40% und 70% der max. Wasserkapazität, WHC) und zwei unterschiedliche Temperaturvarianten (20°C/20°C und 25°C/35°C, Nacht/Tag) wurden 30 Tage nach dem Auflaufen der Keimlinge appliziert. Die photosynthetisch aktive Strahlung betrug $1,3 \text{ mE m}^{-2}\text{s}^{-1}$ bei einer Tageslänge von 16 Stunden. Pflanzen von zwei Zuckerrübensorten (*Beta vulgaris* L. cv. Evita und cv. Sofie, eine Pflanze pro Gefäß) wurden in kleinen Mitscherlich-Gefäßen mit 6 kg Boden kultiviert, der mit NPK und B gedüngt wurde. Das Wasserdefizit in den Gefäßen wurde täglich ausgeglichen und die Evapotranspiration bestimmt. Zehn Wochen nach Beginn der Behandlungen wurden die Pflanzen geerntet und auf Saccharose, Glucose und Fructose (enzymatisch) sowie Aminosäuren (Ninhydrinmethode) analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Evapotranspirationsrate während der Wachstumsperiode wurde durch Dürrestress nicht beeinträchtigt, aber durch hohe Temperatur verdoppelt. Die Abnahme der Frisch- und Trockenmassen der Blätter war unter Dürrestress vernachlässigbar gering, aber erheblich unter Hitzestress. Frisch- und Trockenmassen der Rüben wurden sowohl durch Dürre- als auch Hitzestress signifikant reduziert, der Effekt war jedoch quantitativ gering. Die Kombination der beiden Stressfaktoren hemmte jedoch in synergistischer Weise erheblich die Massenproduktion der Rüben (ohne Abbildung).

Die Saccharosekonzentrationen der Rüben wurden (ebenso wie die Glucose- und Fructosekonzentrationen) durch Dürre nicht verändert, aber durch Hitzestress signifikant gesteigert (ohne Abbildung). Dieses Ergebnis zeigt, dass die hohe Temperatur nicht zu verstärkter Veratmung der Assimilate führte, sondern dass Assimilate aufgrund der Wachstumshemmung akkumulierten. Der Zuckerertrag pro Rübe wurde leicht durch Dürre- und Hitze reduziert, wenn die Stressfaktoren einzeln appliziert wurden. Eine synergistische, deutliche Beeinträchtigung des Zuckerertrages wurde beobachtet, wenn beide Stressfaktoren gemeinsam appliziert wurden. (ohne Abbildung).

* Institut für Pflanzenernährung, Interdisziplinäres Forschungszentrum, Justus-Liebig-Universität, Heinrich-Buff-Ring 26-32, D-35392 Gießen

Alpha-Amino-N stieg unter Dürre nur leicht an, wurde aber bei Hitzestress unabhängig von der Bewässerung beinahe verdoppelt (ohne Abbildung). Daraus ergaben sich synergistische Effekte auf den extrahierbaren Zuckerertrag beider Sorten (Abb.1).

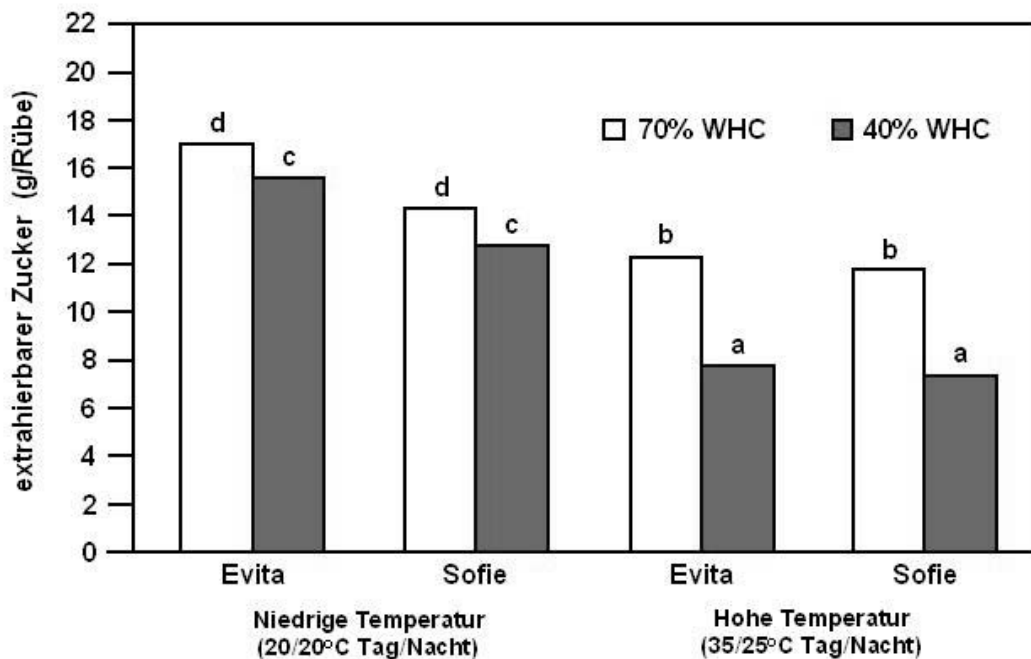


Abb. 1: Einfluss von Dürre und Hitze auf den extrahierbaren Zuckerertrag von zwei Zuckerrübensorten.

Es zeigte sich, dass Dürre und Hitze unter den geprüften Bedingungen einzeln den extrahierbaren Zuckerertrag nur geringfügig beeinträchtigten. Eine Kombination der beiden Stressfaktoren reduzierte den extrahierbaren Zuckerertrag synergistisch. Es ist zu vermuten, dass der höhere Transpirationsbedarf der Pflanzen unter Hitzestress aufgrund der Dürrebedingungen nicht befriedigt werden kann, und so über Wachstumshemmungen die Sinkkapazität beeinträchtigt. Hemmung der Photosynthese oder verstärkte Respiration war für die Verminderung des Zuckerertrags nicht verantwortlich. Der Zuckerertrag wurde während des Rübenwachstums unter Hitze- und Dürrestress synergistisch ähnlich wie in den vegetativen Speicherorganen von Topinambur (Schubert und Feuerle 1997) über die Sinkkapazität limitiert.

Literatur

- Ho, LC: Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39, 355-378 (1988)
- Schubert, S und Feuerle R: Fructan storage in tubers of Jerusalem artichoke: Characterization of sink strength. *New Phytol.* 136, 155-122 (1997)

Strategien beim Einsatz von stabilisierten Stickstoffdüngern zu Winterweizen unter dem Aspekt der Frühsommertrockenheit.

Harry Knittel*, Gregor Pasda* & Thomas Mannheim**

Einleitung

Die verzögerte Nitratanlieferung aus stabilisiertem Ammonium-Stickstoff verlangt im Vergleich zu herkömmlichen N-Düngern einen differenzierten Einsatz (Knittel und Zerulla 1989). Es ist daher zu erwarten, dass auch mit dem neuen Ammoniumstabilisator DMPP die Verteilung der N-Menge überdacht werden muss (Gutser et al. 1999, Pasda et al. 2001). Ausgehend von einem N-Düngesystem mit konventionellen N-Formen in drei bis vier N-Gaben wurden die Auswirkungen unterschiedlicher N-Verteilungsmuster und N-Formen auf Ertrag und Qualität von Winterweizen auf verschiedenen Standorten bei unterschiedlicher Jahreswitterung untersucht.

Material und Methoden

In den Jahren 1999 bis 2003 wurden Versuche mit stabilisierten N-Düngern durchgeführt, in denen unterschiedliche Strategien geprüft wurden, die in der Verteilung der Stickstoffmenge zum Ausdruck kommen (Tab. 1). Der Schwerpunkt der N-Gabe mit stabilisierten N-Düngern lag einmal bei Vegetationsbeginn, in einer weiteren Variante zum Schossen, wobei die späte N-Gabe vorgezogen wurde. Zur Abklärung der Verträglichkeit wurde in einer Variante die gesamte N-Menge in einer Gabe etwa zwei Wochen nach Vegetationsbeginn gegeben wurde. Die N-Menge war für alle Varianten konstant. Je nach Standort betrug sie $180 \pm 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$. In den Versuchen wurden Ammonium-N-haltige Dünger eingesetzt, die mit 3,4-Dimethylpyrazolphosphat (DMPP) formuliert und unter dem Handelsname ENTEC von der COMPO GmbH & Co. KG in Münster vertrieben werden.

Ergebnisse und Diskussion

Schosser-betonte N-Verteilung.

Gruppiert man die Standorte nach der Höhe der Niederschläge ($>600 \text{ mm}$ und $<600 \text{ mm}$, Tab. 1), dann erkennt man, dass auf den trockenen Standorten eine vorsichtige Andüngung mit KAS gefolgt von 120 kg/ha mit ENTEC-Düngern zum Schossen (VGL 3) allen anderen Systemen überlegen war, während auf kühleren Standorten mit höheren Niederschlägen auch die hohe Andüngung mit stabilisiertem Stickstoff (VGL 4) das Standardsystem (VGL 2) überbot. Der Rohproteingehalt des Standard-Düngesystems wurde von den alternativen Düngesystemen nahezu erreicht, wobei die schosser-betonte Variante (VGL 3) mit der vorgezogenen Spätdüngung einen um 0,2 bis 0,3% niedrigeren Wert hatte. Der Mehrertrag ergab sich stets aus einer höheren Kornzahl pro Ähre bei nur geringer Veränderung der Bestandesdichte. Gleichzeitig wurde eine größere Fläche der Fahnenblätter in dem schosser-betonten N-System gemessen.

Gesamte N-Menge in einer Gabe.

Arbeitswirtschaftliche Zwänge lassen auch bei der N-Düngung nach Ansätzen zur Vereinfachung suchen. So wurde das Ausbringen der gesamten N-Menge in einer Gabe (VGL 5) aus betriebswirtschaftlicher Sicht und aus Gründen der Verträglichkeit

* BASF Agrarzentrum, Postfach 120, 67114 Limburgerhof

** COMPO, Gildenstraße 38, 48008 Münster

geprüft. Bei einer derartig hohen N-Menge bestockten sich die Bestände stärker und bildeten eine höhere Bestandesdichte ohne jedoch ins Lager zu gehen (Lagerneigung stieg von 0 auf 17 %). Der Ertrag fiel gegenüber einer aufgeteilten Düngung nur um 1,8 dt ha⁻¹ bzw. 0,2 dt ha⁻¹ zurück (Tab.1).

Tab. 1: Reaktion von Winterweizen auf unterschiedliche N-Verteilung mit stabilisierten N-Düngern bei trockener und feuchter Witterung. (1999 bis 2001, n=20).

		Witterung am Standort			
		Niederschlag < 600 mm n=10		Niederschlag > 600 mm n=10	
N-Düngesysteme	N-Menge kg ha ⁻¹ N	Ertrag dt ha ⁻¹	Rohprotein %	Ertrag dt ha ⁻¹	Rohprotein %
1 ohne N	0+0+0	54,0 a	10,6 a	56,9 a	10,5 a
2 ASS+ASS+KAS	60+40+40/40	79,2 bc	13,4 c	90,6 b	13,0 c
3 KAS+ENT	60+120	81,0 c	13,0 b	92,5 bc	12,8 c
4 ENT + KAS	120+60	78,0 b	13,4 c	92,6 c	13,1 c
5 ENT	180	77,4 b	12,8 b	90,4 b	12,4 b

ASS: Ammonsulfatsalpeter
 KAS: Kalkammonsalpeter
 ENT: Dünger mit Ammoniumstabilisator DMPP

Werte mit gleichen Buchstaben in einer Spalte unterscheiden sich nicht signifikant (SNK-Test, 5 %)

Einfluss der N-Nachlieferung auf die Ertragsreaktion

Die Ertragsreaktion in den einzelnen Jahren war von der Witterung und damit der N-Nachlieferung abhängig. In Jahren und auf Standorten mit geringen Erträgen auf den ungedüngten Fläche war der Einsatz von stabilisierten N-Düngern signifikant überlegen, während sich in Jahren mit hoher N-Nachlieferung aus dem Boden die Düngesysteme nicht unterschieden. Das bedeutet offensichtlich, dass die verhaltene N-Nachlieferung aus stabilisierten N-Düngern die natürliche Mineralisation des Bodens besser unterstützt als eine mehrfach aufgeteilte N-Menge. Das System mit stabilisiertem Stickstoff bietet damit eine gewisse Ertragssicherheit in Jahren mit ungünstiger Witterung. Niederschläge im Mai korrelieren mit der Ertragsreaktion auf die N-Düngung.

Fazit: Standorteinflüsse sind beim Einsatz von stabilisierten Ammonium-N-haltige Dünger zu beachten. Sie zeigen, dass sich unter den veränderten Anbaubedingungen der letzten Jahre – frühere Saat, mildere Winter, zunehmende Fröhsommertrockenheit – eine Betonung der Schossergabe durch ein Vorziehen der Spätdüngung positiv ausgewirkt hat. Größere Fahnenblätter und höhere N-Konzentrationen in der Pflanze führten zu einem besseren Kornansatz bei gleicher Bestandesdichte und somit zu einer positiven Ertragsreaktion.

Literatur

Gutser, R., G. Barth und W. Linzmeier, 1999: Optimierte Einsatzstrategie für NH₄-stabilisierte Dünger. Wissenschaftliches Kolloquium der BASF, 89-101.
 Knittel, H. und W. Zerulla, 1989: Ertragsanalytische Untersuchungen von Getreide nach Düngung mit Dicyandiamid-haltigen Stickstoffdüngern, Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 2: 25-28.
 Pasda, G., R. Hähndel und W. Zerulla, 2001: Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3, 4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural crops. Biol. Fertil. Soils 34: 85-97.

Steigende CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre: Rückkoppelungen mit dem Wasserhaushalt von Pflanzenbeständen

S. Burkart, R. Manderscheid & H.J.Weigel*

Hintergrund

Die rasche ansteigende CO₂-Konzentration in der Atmosphäre wird neben ihrem Beitrag zur Klimaerwärmung direkte Wirkungen auf die Vegetation haben. Eine Erhöhung der CO₂-Konzentration in der Umgebungsluft führt bei den meisten C₃-Pflanzen zu einer Stimulation der Photosynthese und durch eine Reduktion der stomatären Leitfähigkeit zu geringerer Blatttranspiration. Von dieser primären CO₂-Wirkung leiten sich eine Reihe von Folgeeffekten ab, die die Biomassebildung und den Wasserhaushalt (u.a. die Wasserausnutzungseffizienz) von Pflanzenbeständen betreffen. Die in CO₂-Anreicherungsexperimenten beobachtete Reduktion der stomatären Leitfähigkeit für Wasserdampf kann erheblich sein. Inwieweit dieser Effekt auf der Bestandesebene wirksam ist und welche Rückkoppelungseffekte sich daraus für die Wasserflüsse im System Atmosphäre-Bestand ergeben, ist derzeit noch nicht hinreichend geklärt. Im Braunschweiger Free-Air-Carbon-Dioxide-Enrichment (= FACE) - Versuch werden die Auswirkungen erhöhter CO₂-Konzentrationen (550 ppm) unter Feldbedingungen auf den Wasserhaushalt einer Ackerbaufruchtfolge untersucht.

Material und Methoden

Es wurde ein Versuchsfeld (20 ha Ackerland mit Fruchtfolge) angelegt, auf dem die CO₂-Konzentration über Teilflächen (ca. 600 m²) der Fruchtfolgebestände mit Hilfe einer Freilandbegasungstechnik (FACE) auf durchschnittlich 550 ppm erhöht werden (Weigel & Dämmgen 2000). Das Versuchsfeld befindet sich auf dem Gelände der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig und ist Teil des FAL-Versuchsbetriebes (181 ha), der einen intensiven Getreide- und Feldfutterbau betreibt. Das Boden-, Nährstoff- und Pestizid-Management wird nach der ortsüblichen Praxis durchgeführt. Auf einer Hälfte jeder Teilfläche wird die Stickstoffdüngung um 50% reduziert. Die Bestandesevapotranspiration (E_C) wurde mit einem selbst entwickelten Kammersystem (offene Gaswechsellammern; ca. 1 m² Grundfläche, Burkart et al. 2000) unter heutigen und erhöhten CO₂-Konzentrationen gemessen und die Bestandesleitfähigkeit G_C als Quotient aus E_C und dem Wasserdampfsättigungsdefizit bestimmt. Die Bestandeslufttemperaturen wurden vom Deutschen Wetterdienst gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Unsere über die ganze Fruchtfolge hinweg erfassten H₂O-Flüsse bestätigen, dass die Bestandesleitfähigkeit durch FACE um bis ca. 20% herabgesetzt wurde (Abb. 1). Diese Änderung der Leitfähigkeit der Bestände resultierte aber nicht notwendigerweise in einer gleichermassen reduzierten Evapotranspiration. Ebenso wie in anderen FACE-Experimenten, in denen Getreide untersucht wurde (Kimball 2002), waren die H₂O-Flüsse unter dem Braunschweiger FACE nur um max. 10% kleiner, während die stomatäre Leitfähigkeit einzelner Blätter durchaus um 50% verringert sein kann. Bei der Zuckerrübe sind Atmosphäre und Bestand besser

* Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, stefan.burkart@fal.de, www.aoe.fal.de

miteinander gekoppelt, so dass G_C und E_C in gleichem Masse durch FACE beeinflusst wurden. Durch den geringeren Wasserverbrauch unter FACE in Verbindung mit der Stimulation der CO_2 -Assimilation stieg die Wassernutzungseffizienz des Getreides um 30%, der Zuckerrübe über 50%.

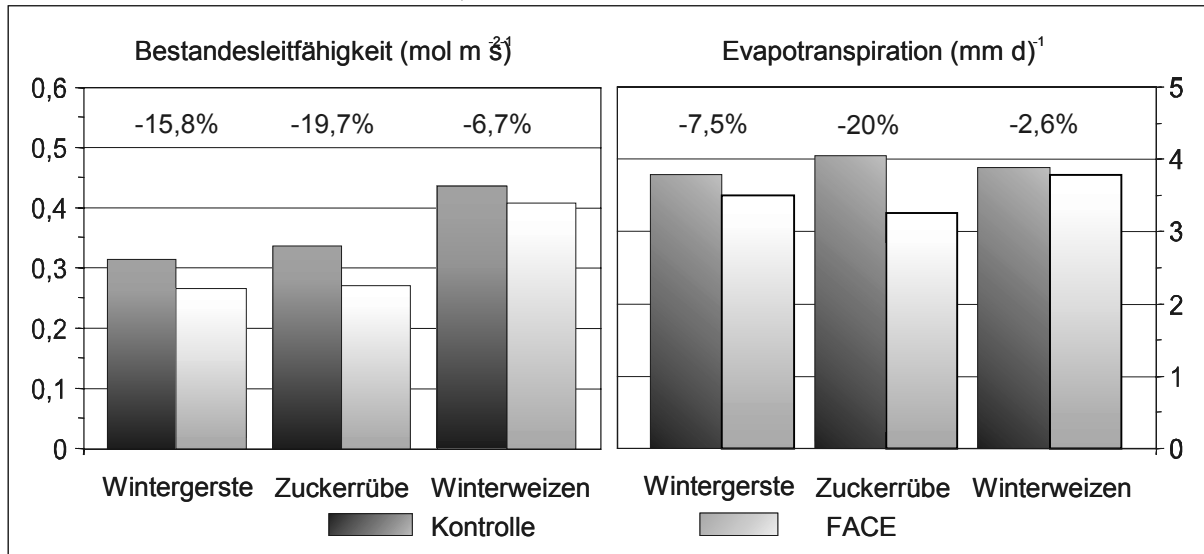


Abb. 1: Saisonale Mittel von Evapotranspiration und Bestandesleitfähigkeit unter verschiedenen CO_2 -Konzentrationen (Kontrolle 380 ppm, FACE 550 ppm)

Eine kleinere Öffnungsweite der Stomata hat wegen der geringeren Flüsse von latenter Wärme höhere Blattertemperaturen zur Folge. Die vom deutschen Wetterdienst gemessenen Unterschiede in Bestandeslufttemperaturen konnten mit dem CO_2 -Effekt auf G_C in Beziehung gesetzt werden.

Im Verlauf der Vegetationsperiode wirkte sich die verringerte Evapotranspiration unter FACE auf die volumetrische Bodenfeuchte aus. In allen drei Feldfrüchten wurde der Boden unter FACE feuchter als unter normaler CO_2 -Konzentration. Dies könnte einerseits den Wasserstatus unter Trockenheit verbessern und die Vegetationsperiode verlängern, andererseits aber auch den Oberflächenabfluss erhöhen. Experimente in Open-top-Kammern zeigten zudem, dass der Schwellenwert, ab dem die Bestandesleitfähigkeit auf den pflanzenverfügbaren Bodenwassergehalt reagiert, durch die CO_2 -Anreicherung verkleinert wurde.

Literatur

- Burkart, S., Manderscheid, R., Weigel, H.-J., 2000. Interaction of photosynthetic flux density and temperature on canopy photosynthesis of spring wheat under different CO_2 concentrations. *J. Plant Physiol.* 157, 31-39.
- Kimball, B.A. 2002: Responses of agricultural crops to free-air CO_2 enrichment. *Advances in Agronomy* 77, 293-368.
- 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.

Wirkung von Freiland-CO₂-Anreicherung (FACE) in Kombination mit unterschiedlicher Stickstoffversorgung auf die Ertragskomponenten und das Kornwachstum von Wintergetreide

Remy Manderscheid, Cathleen Frühauf, Andreas Pacholsky & Hans-Joachim Weigel*

Einleitung

Im Rahmen des „Braunschweiger Kohlenstoffprojekts“ des Instituts für Agrarökologie wird eine atmosphärische CO₂-Konzentration simuliert, die für die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts prognostiziert wird, und der Einfluss auf Wachstum und Ertrag von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen untersucht. Im vorliegenden Teilprojekt werden die Resultate von drei Versuchsjahren zur Wirkung unterschiedlicher CO₂- und Stickstoffversorgung auf Kornertrag und Kornwachstum von Wintergerste und -weizen vorgestellt. Frühere Freiland-CO₂-Anreicherungsversuche wurden nur mit Sommerweizen durchgeführt (Hunsaker et al., 2000). Diese Experimente ergaben unter optimalen Verhältnissen einen CO₂ bedingten Ertragszuwachs von ca. 8-17%. Bei reduziertem N-Angebot war der Effekt niedriger, was durch Pflanzenwachstumsmodelle bestätigt wurde (Jamieson et al., 2000). Die Stimulation des Kornertrages unter Hoch-CO₂ beruhte u.a. auf einer Zunahme der Kornfüllungsrate (Li et al., 2001).

Das Ziel des vorliegenden Experiments war daher die Quantifizierung des Effekts zukünftiger CO₂-Konzentrationen auf den Ertrag von Wintergetreide bei unterschiedlicher N-Versorgung. Es wurde insbesondere geprüft, ob CO₂-Anreicherung nur die Kornzahl erhöht oder ob auch das Kornwachstum (Rate und Dauer) beeinflusst wird.

Material und Methoden

Auf einem Versuchsfeld der FAL wird seit 1999 eine kammerlose Freiland-CO₂-Begasungsvorrichtung (FACE) betrieben, mit der auf zwei Kreisflächen (Durchmesser 20 m) der atmosphärische CO₂-Gehalt auf ca. 550 ppm angehoben wird. Als Kontrolle dienen zwei Ringe mit normaler Luft. Die beiden Ringhälften werden mit unterschiedlichen Stickstoffmengen gedüngt (reduziert, N50; konventionell, N100). Im Herbst 1999 wurde der Fruchtfolgeversuch (Wintergerste, Zwischenfrucht, Zuckerrübe, Winterweizen) gestartet, der einmal wiederholt wird. Es werden die Ertragsdaten von der Wintergerste „Theresa“ (2000 & 2003) sowie vom Winterweizen „Batis“ (2002) vorgestellt. Zur Analyse von CO₂- und N-Effekten auf das Kornwachstum wurde 2002 und 2003 während der Kornfüllungsphase die Korntrockenmasse an spezifischen Ährenpositionen gemessen und aus diesen Daten mit Hilfe eines logistischen Modells die Kornwachstumsrate und -dauer berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ertragsdaten der drei Versuchsjahre sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Halbierung der N-Düngung führte zu einer Ertragsminderung von ca. 10-20% über eine Reduktion der Kornzahl, während das Tausendkorngewicht eher anstieg. FACE erhöhte den Kornertrag um 7-15%. Dies basierte primär auf einer Erhöhung der Kornzahl (5-13%). Daneben gab es eine geringfügige Änderung im TKG (1-5%), die nur gemittelt über alle drei Jahre und nur in der N100-Variante einen signifikanten CO₂-Effekt aufwies (p=0,09). Dies stimmt überein mit den Resultaten zur Kornwachstums-

* Institut für Agrarökologie, FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

analyse. Danach hatte FACE in der niedrigen N-Stufe bei beiden Getreidearten keinen Einfluß auf das Kornwachstum, während in der N100 Variante die Kornwachstumsrate erhöht war (Abb. 1).

Tab. 1: Wirkung unterschiedlicher N- (N50/N100) und CO₂-Versorgung (Kont=380 ppm/FACE=550 ppm) auf den Ertrag von Wintergerste (WG) und Winterweizen (WW). Signifikante CO₂-Effekte sind gekennzeichnet mit: (*), p≤0,10; (*), p≤0,05; (**), p≤0,01.

Frucht	N-Stufe	Kornzahl (m ⁻²)			TKG (g)			Kornertrag (g m ⁻²)		
		Kont	FACE	% Eff.	Kont	FACE	% Eff.	Kont	FACE	% Eff.
WG 2000	N50	17613	18592	5,3	44,4	45,8	3,1	784	850	7,9(*)
	N100	22512	23746	5,2(*)	42,3	43,2	1,9	952	1023	7,0**
WG 2003	N50	12345	14176	12,9(*)	38,3	39,3	2,7	474	558	15,0
	N100	16594	18359	9,6*	35,6	37,5	5,2	590	687	14,2*
WW 2001	N50	13062	14513	10,0**	40,7	40,9	0,6	532	594	10,5*
	N100	14056	15458	9,1*	40,6	42,7	4,8	570	659	13,4**
alle	N50	14340	15760	9,9	41,5	42,0	1,2	596	667	11,1
	N100	17721	19188	8,3	39,5	41,1	4,1	704	790	11,5

Die in früheren Versuchen gefundene relativ geringe CO₂-Wirkung bei niedriger N-Versorgung (Hunsaker et al., 2000; Jamieson et al., 2000) konnte nicht verifiziert werden. Die gemessenen CO₂-bedingten Ertragssteigerungen waren vielmehr unabhängig von der gewählten N-Versorgung und beruhten auf einer Erhöhung der Kornzahl und in der N100-Variante zusätzlich auf einer leichten Zunahme des Tausendkorngewichts.

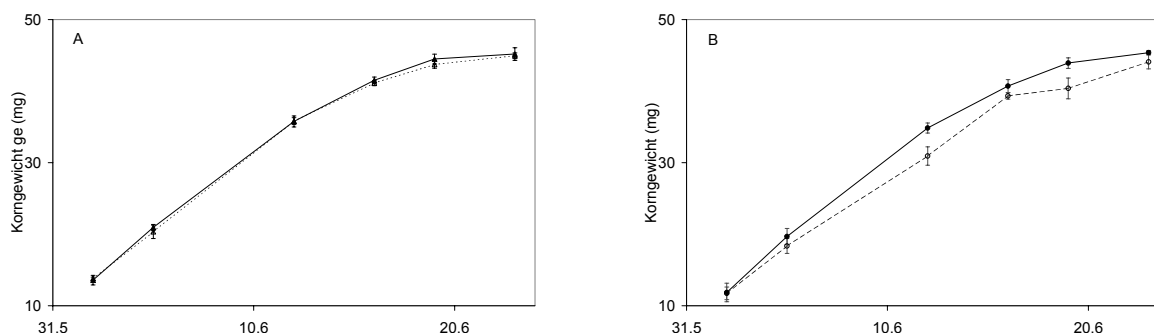


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der Einzelkornmasse der Wintergerste in N50 (A) und N100 (B) ohne (gestrichelte Linie) und mit CO₂-Anreicherung (durchgezogene Linie).

Literatur

- Hunsaker, D.J., B.A. Kimball, P.J. Pinter, G.W. Wall, R.L. LaMorte, F.J. Adamsen, S.W. Leavitt, T.L. Thompson, A.D. Matthias and T.J. Brooks 2000: CO₂ enrichment and soil nitrogen effects on wheat evapotranspiration and water use efficiency. *Agr. Forest Meteorol.* 104, 85-105.
- Jamieson, P.D., J. Berntsen, F. Ewert, B.A. Kimball, J.E. Olesen, P.J. Pinter, J.R. Porter, M.A. Semenov 2000: Modelling CO₂ effects on wheat with varying nitrogen supplies. *Agr. Ecosyst. Environ.* 82, 27-37.
- Li, A., Y. Lou and A. Trent 2001: Effects of elevated atmospheric CO₂ and drought stress on individual grain filling rates and durations of the main stem in spring wheat. *Agr. Forest Meteorol.* 106, 289-301.

Ertragsentwicklung von Silomais und Deutschem Weidelgras - Zuchtfortschritt oder Klimawandel ?

Antje Herrmann, Alois Kornher & Friedhelm Taube*

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten konnten deutliche Ertragsanstiege bei Mais beobachtet werden, die auf (i) die Steigerung des genetischen Ertragspotentials, (ii) den Einsatz verbesserter pflanzenbaulicher Maßnahmen und (iii) eine verbesserte Stresstoleranz (Genotyp x Management Interaktion) zurückgeführt werden. Untersuchungen zum Beitrag der Züchtung an der Entwicklung des Ertragspotentials vernachlässigen jedoch meist die in den letzten Dekaden erfolgte Klimaänderung. Seit den 70ern, aber insbesondere von 1981 bis 1990, wurde ein merkbarer Temperaturanstieg festgestellt, der bei Mais in Ertragssteigerungen resultiert haben müsste. Zur Analyse dieser Effekte stellen Modelle ein geeignetes Instrument dar. Ziel eines aktuellen Projektes war es daher, den Beitrag der Klimaänderung an der Ertragssteigerung von Silomais und Dt. Weidelgras anhand einer Simulationsstudie mit dem Modell FO-MAQ bzw. FOPROQ (Kornher et al., 1991) abzuschätzen und mit Daten aus Landes-sortenversuchen bzw. Wertprüfungen zu vergleichen.

Material und Methoden

Für Silomais wurde eine 25-jährige Simulation (1979-2003, Standort Kiel) für eine frühe Sorte (Arsenal, S 210) durchgeführt. Entsprechende Berechnungen für den Standort Augsburg wurden für eine mittelfrühe Sorte (Probat; S230) vorgenommen. Als Kriterium für die Siloreife wurde ein TM-Gehalt von 32% vorgegeben. Die Simulation basiert auf Modelloptimierungen, die im Rahmen des Projektes 'Regionale Erntezeitprognose Silomais' erarbeitet wurden (Herrmann et al., 2004). Die Simulation für Dt. Weidelgras umfasst 25-jährige Berechnungen (1979-2003, Standort Schuby) für eine frühe (Gremie) und eine späte Sorte (Vigor). Als Nutzungssystem wurde eine 4-Schnittnutzung vorgegeben. Die N-Versorgung von 360 kg N ha⁻¹ (120/80/80/80) stellte sicher, dass der Ertrag im wesentlichen nur durch die Witterung limitiert wurde. Die Nutzungsreife wurde bei einem ADF-Gehalt von 28, 27, 27 und 30% für den 1. bis 4. Aufwuchs angenommen. Die Modellkalibrierungen basieren auf einem 3-jährigem Feldversuch (1988-1990), der an zwei Standorten in Schleswig-Holstein (Hohenschulen, Karkendamm) durchgeführt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Während der Jahre 1979 bis 2003 war ein Anstieg der Jahresmitteltemperatur von 0.04 °C (Augsburg) bis 0.07 °C (Kiel) pro Jahr zu beobachten, der für Kiel und Schuby insbesondere in den letzten beiden Dekaden durch höhere Temperaturen in der Vegetationsperiode hervorgerufen wurde. Begleitet wurde der Temperaturanstieg an beiden Standorten durch eine leicht verminderte Niederschlagsmenge.

Aufgrund des für gemäßigte Gräser im Vergleich zu Mais deutlich geringeren Temperaturoptimums, welches im Wachstumsmodell mit 17 °C angenommen wurde, wirkte sich der Temperaturanstieg in der Simulation für Deutsches Weidelgras nur mäßig aus, s. Abb. 1. Die durch die Witterung bedingten Ertragssteigerungen von ca 0.2 dt TM ha⁻¹ a⁻¹ bewegen sich in dem für Zuchtfortschritt von Futterpflanzen berich-

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

teten Bereich. Wertprüfungsdaten des Standortes Schuby lassen für den gleichen Zeitraum keinen Ertragsanstieg erkennen, wie auch von Feuerstein (1995) bestätigt. Ein direkter Vergleich von Simulation und Wertprüfungen ist jedoch erschwert, da das Wertprüfungssortiment sowohl frühe als auch späte Sortentypen umfasst und das Düngungsregime nicht konstant war.

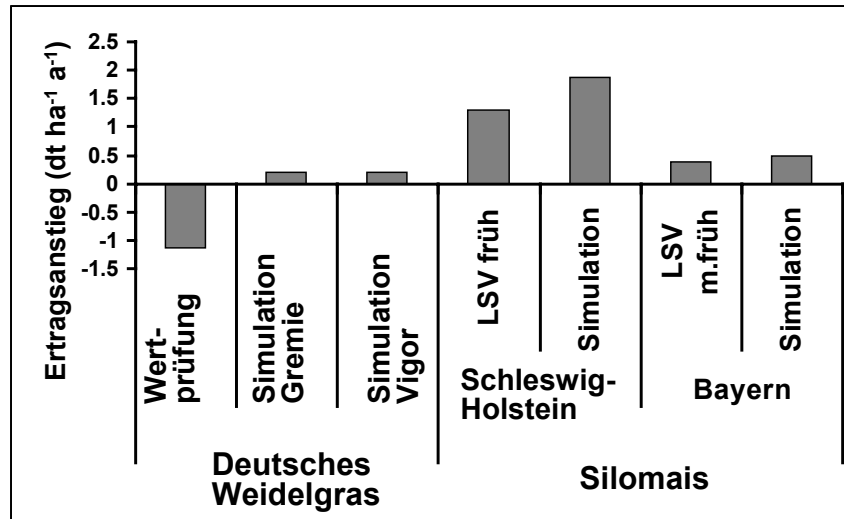


Abb. 1: Simulierter (durch Klimawandel bedingten) und beobachteter Ertragsanstieg (dt TM ha⁻¹ a⁻¹) für Deutsches Weidelgras (1979-2003; Standort Schuby, Schleswig-Holstein) und Silomais (1986-2003; Simulation: Kiel und Augsburg; Landessortenversuche: Schleswig-Holstein, früh und Bayern, mittelfrüh).

Für Silomais weisen die Landessortenversuche (LSV) Schleswig-Holstein im Gegensatz zu Deutschem Weidelgras einen deutlich Ertragsanstieg von 1.3 dt TM ha⁻¹ a⁻¹ in den Jahren 1986 bis 2003 aus, s. Abb. 1. Dieser Ertragsanstieg kann jedoch gänzlich dem Einfluss der Witterung, d.h. dem relativ starken Anstieg der Temperatur in der Vegetationsperiode, zugeschrieben werden, wie Simulationen für die Sorte Arsenal belegen. Auch der für die bayerischen Landessortenversuche (mittelfrühes Sortiment) beobachtete Ertragsanstieg ist durch den Einfluss der Witterung begründet, s. Abb. 1. Verglichen mit Schleswig-Holstein liegt die Ertragssteigerung aber auf einem geringeren Niveau, was durch den geringeren Temperaturanstieg in der Vegetationsperiode und das ohnehin höhere Temperaturniveau bedingt ist. Der Beitrag der Genetik an den Ertragssteigerungen der letzten Dekaden ist also als gering einzuschätzen. Zu ähnlichen Schlussfolgerungen für Körnermais kommen US-amerikanische Untersuchungen, die keinen Anstieg des Ertragspotentials, d.h. des Ertrags unter nichtlimitierenden Umweltbedingungen, in den letzten 15 Jahren feststellen konnten.

Literatur

- Feuerstein, U. 1995: Leistungsstand der Futterpflanzenzüchtung und deren Ziele nach der EU-Agrarreform. In: LK Hannover (Ed.), Praxisinformation Grünland und Futterwirtschaft, Heft 25, Ziele der Futterpflanzenzüchtung für das Grünland, 5-28.
- Herrmann, A., Kornher, A., Höppner, F., Greef, J.M., Rath, J. und F. Taube 2004: Entwicklung eines Tools zur regionalen Erntezeitprognose von Silomais – ein Modellvergleich. (dieser Tagungsband).
- Kornher, A., P. Nyman, und F. Taube 1991: Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. Das Wirtschaftseigene Futter 37, 232-248.

Optimale N-Versorgung von Zuckerrüben auf verschiedenen Standorten Norddeutschlands

Denny Basigkow & Frank Ellmer*

Einleitung

Die Stickstoffversorgung beeinflusst Ertrag und Qualität des Rohstoffs Rube in erheblichem Maße (HOFFMANN 2000). In Norddeutschland werden in diesem Zusammenhang nach wie vor zu hohe Stickstoffmengen eingesetzt (BAHRS 2003; LEIFELS 2003). Menge, Zeitpunkt und Form der Nährstoffapplikation werden nach auf regionsspezifischen Pauschalwerten und traditionellen Düngegewohnheiten bestimmt. Hinzu kommt häufig ein falsches Verständnis von Bestandesführung bezüglich des Auftretens von Blattaufhellungen und Wachstumsdepressionen am Blattapparat. Vor diesem Hintergrund wurden in den Jahren 2000 bis 2003 Feldversuche auf verschiedenen Standorten Norddeutschlands durchgeführt, um die Optima der N-Versorgung standortspezifisch zu ermitteln.

Material und Methoden

Nach zweijährigen Vorversuchen wurde in den Jahren 2002 und 2003 eine Versuchsserie an drei Standorten durchgeführt: Thyrow (Brandenburg, Landkreis Teltow-Fläming, Bodenart schluffiger Sand; NS: 495 mm; T: 8,9°C); Berge (Brandenburg, Landkreis Havelland; Bodenart lehmiger Sand / sandiger Lehm; NS: 503 mm; T: 8,8 °C); Parenden (Niedersachsen, Landkreis Göttingen; Bodenart: mitteltoniger Schluff aus Löß; NS: 602 mm; T: 8,8 °C)

Tab. 1: Versuchsdesign

Prüfglied-Nr.	N-Düngung kg/ha N	Zeitpunkt und Form der N-Düngung	
		Zur Saat	Spätdüngung BBCH 32
1	0	0 ¹⁾	
2	40	40 ASS ²⁾	
3	80	80 ASS	
4	120	120 ASS	
5	160	160 ASS	
6	40	40 Entec ³⁾	
7	80	80 Entec	
8	120	120 Entec	
9	160	160 Entec	
10	80	40 ASS	40 AHL ⁴⁾
11	120	80 ASS	40 AHL
12	160	120 ASS	40 AHL

1) Schwefelgleichdüngung (bezogen auf 120 kg/ha ASS); 2) ASS (Ammonsulfatsalpeter) 26 % N (7 % Nitrat, 19 % Ammonium, 13 % Schwefel); 3) Entec 26 (Ammonsulfatsalpeter + Nitrifikationshemmer); 4) AHL (Ammonnitrat-Harnstofflösung) 28 % N (14 % Amid, 7 % Nitrat, 7 % Ammonium)

Der Einfluss von Menge, Form und Zeitpunkt der N-Düngung wurde an folgenden Prüfmerkmalen bestimmt: Rübenertrag, Zuckergehalt, Zuckerertrag, Kaliumgehalt,

* Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; e-mail: Basigkow-Golzow@t-online.de

Natriumgehalt, Amino-Stickstoffgehalt, Standardmelasseverlust, Bereinigter Zuckerertrag. Zusätzlich sind Wachstum und Entwicklung des Zuckerrüben-bestandes während der Vegetation anhand des Blattflächenindex (LAI 2000) und der Blattfarbe (Hydro N-Tester) quantifiziert worden (JOZEFYOVA & URBAN 2002).

Ergebnisse und Diskussion

Die Bereinigten Zuckererträge standen primär unter dem Einfluss der natürlichen Standortverhältnisse. Signifikante Wirkungen der differenzierten N-Düngung traten hingegen lediglich im Versuchsjahr 2002 am ertragschwächsten Standort Thyrow auf (Tab. 2).

Tab. 2: Einfluss der mineralischen N-Düngung auf den Bereinigten Zuckerertrag

Prüfglieder		Thyrow BZE (t/ha)		Berge BZE (t/ha)		Parensen BZE (t/ha)	
Nr.	N-Versorgung (kg/ha)	2002	2003	2002	2003	2002	2003
1	Kontrolle	6,30a	8,04a	10,40a	11,82a	12,30ab	13,58a
2	40 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ASS)	8,50b	8,25a	11,60a	12,26a	13,10ab	15,01a
3	80 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ASS)	9,40b	7,26a	11,90a	10,88a	13,00ab	15,36a
4	120 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ASS)	9,70b	6,87a	11,40a	11,84a	13,20ab	15,88a
5	160 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ASS)	10,30b	6,80a	11,40a	11,10a	12,50ab	14,96a
6	40 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ENTECC®)	9,00b	7,77a	11,60a	11,90a	12,90ab	14,26a
7	80 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ENTECC®)	9,30b	7,98a	11,60a	12,18a	13,10ab	15,15a
8	120 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ENTECC®)	9,60b	7,52a	11,40a	11,01a	12,90ab	15,04a
9	160 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ENTECC®)	9,10b	6,86a	11,30a	10,68a	12,10a	15,08a
10	40 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ASS) + 40 kg N ha ⁻¹ (AHL) BBCH 32	8,60b	8,06a	11,10a	11,62a	13,40b	14,76a
11	80 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ASS) + 40 kg N ha ⁻¹ (AHL) BBCH 32	9,30b	7,10a	11,60a	12,17a	13,40b	15,11a
12	120 kg N ha ⁻¹ zur Saat (ASS) + 40 kg N ha ⁻¹ (AHL) BBCH 32	9,20b	7,66a	11,30a	11,65a	12,70ab	15,10a
Versuchsmittel		9,00	7,51	11,40	11,60	12,90	14,94
GD 5% (Tukey - Test)		2,04	1,66	1,50	2,25	1,30	2,90

Die Blattflächenindices variierten in Abhängigkeit von Standort, Jahr und N-Düngung und hatten differenzierte Blattflächendauer zur Folge (RÖVER 1995). Die mit ASS zur Saat gedüngten Prüfglieder erreichten bei gleicher N-Menge eine größere Blattflächendauer als die Entec- bzw. Spätdüngungsvarianten. Gleichmaßen reagierte die Blattfarbe. Den größten signifikanten Effekt bewirkte der Faktor Standort. Die N-Düngung bewirkte eine signifikante Zunahme des α -Amino-N-Gehaltes und des Standardmelasseverlustes.

Literatur

- Bahrs, A.; Bahrs, E., 2003: Zuckerrübenanbau – Ein Paradebeispiel für Nachhaltigkeit. Zuckerrübe (1), 25-27
- Hoffmann, Ch., 2000: Technische Qualität bei Rüben – auch der Standort spielt eine Rolle! Zuckerrübe (5), 244-246
- Jozefyova, L.; Urban, J., 2002: Vztah chlorofyla akoncentrace zivin v ranch fazich rustu cukrovy. Reparatvi sbornik z konference. 20./21.2.2002. Prag. 76-78
- Leifels, H., 2003: Untersuchungen zum Zuckerrübenanbau im Einzugsgebiet der Danisco Sugar GmbH Anklam.- Bachelor-Arbeit, Humboldt-Univ. Berlin
- Röver, A., 1995: Ertragsbildung von Zuckerrüben in Abhängigkeit von Blattfläche und intraspezifischer Konkurrenz. Dissertation, Cuvillier Verlag Göttingen. 19

Pflanzenbauliche Systemwirkungen der Vergärung von Gülle und pflanzlichen Koppelprodukten in einem Betriebssystem der ökologischen Landwirtschaft mit Viehhaltung

Arno Deuker, Kurt Möller & Günter Leithold*

Einleitung

Bisher vorliegende Erkenntnisse über die pflanzenbaulichen Auswirkungen des Einsatzes fermentierter Güllen aus Biogasanlagen beschränken sich auf die Analyse der durch die Vergärung induzierten stofflichen Veränderungen der Gärsubstrate sowie auf die Beschreibung der direkten Auswirkungen der Vergärung auf die Kulturpflanzen, die mit vergorenen organischen Düngern behandelt wurden. Es liegen keine Erkenntnisse über die Auswirkungen auf die Produktivität der Ackerflächen der gesamten Fruchtfolge unter Einbeziehung möglicher Nachwirkungen vor. Ferner sind bislang die möglichen Auswirkungen der Vergärung von Koppelprodukten wie das Stroh von Körnerleguminosen und Getreide sowie von Zwischenfruchtaufwüchsen auf den N-Haushalt (N-Flüsse, N-Verluste) sowie auf die Produktivität des Gesamtsystems nicht untersucht worden. In einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekt werden im Rahmen einer Gesamtfuchtfolge die Effekte der Vergärung von Gülle, Koppelprodukten sowie Zwischenfruchtaufwüchsen auf die Produktivität des Gesamtsystems sowie auf die Umweltwirkungen untersucht.

Material und Methoden

Die dargestellten Ergebnisse beruhen auf einem auf dem Versuchsbetrieb Gladbacherhof laufenden Feldversuch im Rahmen einer 8-feldrigen Fruchtfolge mit 2 x Klee gras (KG), Winterweizen (WW), Hackfrucht (Kartoffeln/Mais), Winterroggen (WR), Körnererbsen (Erb), Dinkel (Di) und Sommerweizen mit Untersaat (SW). Nach Wintergetreide und Erbsen wird eine Zwischenfrucht aus Örettich und Sommerwicke angebaut. Die Menge an organischen Düngern errechnet sich anhand der P-Flüsse im Futter aus den Rotationserträgen abzüglich der Retention von 18 % zuzüglich Einstreu. Die Verteilung der organische Dünger erfolgt anhand der Bedürftigkeit der Einzelkulturen. Die Gülle wird vor der Ausbringung ca. 25-30 Tage mesophil vergoren. Die Vergärung des pflanzlichen Materials wird in einer Hochleistungs-Perkulations-Biogasanlage durchgeführt. Dabei entstehen ein stallmistähnlicher fester sowie ein jaucheähnlicher dünnflüssiger Gärrest. Die organischen Dünger werden in allen Varianten in geschlossenen (Gülle) bzw. abgedeckten Behältern (Stallmist, feste Gärreste aus Perkolation) möglichst verlustarm zwischengelagert. Vorgestellt werden die Ergebnisse folgender Varianten:

- Stallmistvariante (SM): das gesamte Getreidestroh wurde zur Einstreu verwendet, Düngung jeweils zur Grundbodenbearbeitung zu den Nicht-Leguminosen.
- Güllevariante (RG): Das Stroh des Weizens wurde zur Einstreu verwendet. Stroh der übrigen Druschfrüchte sowie Zwischenfruchtaufwüchse verblieben auf der Fläche. Ca. 20% der Gülle wurde zur Zwischenfrucht vor Kartoffeln gedüngt, da von einer Lagerkapazität von sechs Monaten ausgegangen wurde. Der Rest wurde zur Grundbodenbearbeitung (SW) bzw. Aussaat (Hackfrucht), bzw. als Kopfdüngung bei Getreide zur Hauptfrucht ausgebracht.
- Biogäsgülle (BG): wie bei (RG), die Gülle wurde jedoch vergoren.

* Professur für Organischen Landbau, Justus Liebig Universität Gießen

- Biogasgülle + betriebseigene Kofermente (BG+BE): wie (BG), zusätzlich wurden die Zwischenfrüchte sowie das nicht zur Einstreu benötigte Stroh geerntet, zwischengelagert und vergoren. Die festen und flüssigen Gärreste wurden zur Düngung der nichtlegumen Früchte in der Fruchtfolge eingesetzt.

Erhoben wurden die Erträge der Haupt- und Zwischenfrüchte sowie die Nitratgehalte des Bodens im Frühjahr und im Herbst. Zur Erfassung des Verlaufs der TM-Bildung und der N-Aufnahme wurden regelmäßige Zeiternten genommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Unterschiede im N-Düngepool zwischen den Varianten Stallmist und Rohgülle erklärten sich aus den unterschiedlichen Rotteverlusten (Tab. 1). Die Differenzen im Jahr 2003 zwischen der Variante RG und BG kamen dadurch zustande, dass die vergorene Gülle aus technischen Gründen im Zusammenhang mit der Vergärung mit einem Vakuumfass mehrmals umgepumpt werden musste, mit entsprechenden unerwarteten N-Verlusten. Als Folge dieser Verluste erhielt die Var. BG 12 % weniger N als die Var. RG. Die Einbeziehung von Koppelprodukten und Zwischenfrüchten bewirkte eine deutliche Erhöhung des mobilen N-Düngepools der beschriebenen Fruchtfolge. Insgesamt wurden keine Unterschiede in den Fruchtfolgeerträgen zwischen dem Rohgülle- und dem Stallmistsystem festgestellt. Dies liegt unter anderem darin, dass Begrenzungen in der Lagerkapazität dazu zwingen, die Gülle wenig effizient z.B. zur Stoppelsaat im Sommer düngen zu müssen, zu Lasten der biologischen N₂-Fixierungsleistung der nachfolgenden legumen Zwischenfrucht. Stallmist dagegen kann – vorausgesetzt der Standort erlaubt eine Ausbringung zur Grundbodenbearbeitung des Wintergetreides - durch direkte Ausbringung unmittelbar vor Aussaat der Hauptfrucht jeweils zum optimalen Zeitpunkt eingesetzt werden.

Aus den Ergebnissen der beiden Güllesystemen RG und BG geht hervor, dass im Jahr 2003 die Var. BG ein um 6 % niedrigeren Ertrag als die Var. RG aufwies, u.a. bedingt durch die technisch bedingten N-Verluste (Tab. 2). Die Ergebnisse der Biomasseschnitte in 2004 deuten darauf, dass teilweise positive und teilweise negative Ertragswirkungen von der Vergärung der Gülle ausgehen. Die stärksten Auswirkungen auf die Erträge sind durch Einbeziehung betriebseigener Kosubstrate bei der Vergärung zu erzielen (Tab. 3). Die alleinige Vergärung von Gülle wirkt sich im Vergleich zur Rohgülle nicht auf die Nitratwaschungsgefahr über Winter aus. Dagegen führt der Abtransport von Zwischenfrüchten teilweise zu einer deutlichen Reduzierung der N_{min}-Gehalte, dies deutet auf eine geringere Auswaschungsgefahr durch den Abtransport der Koppelprodukte hin.

Tab. 1: Düngepool der einzelnen Systeme für die gesamten Rotation (berechnet in kg N)

	SM	RG	BG	BG + BE
2003	541	595	524	716
2004	649	686	663	1096

Tab. 2: Erträge der nicht legumen Hauptfrüchte für die gesamten Rotation 2003 (dt TM/ha)

	SM	RG	BG	BG + BE
WW	39,0	40,7	38,6	49,7
Kar	65,0	63,7	60,9	53,8
WR	43,4	43,8	39,9	44,4
Di	31,5	30,0	29,7	32,2
SW	44,0	41,9	37,9	37,9
Σ	223	220	207	218

Tab. 3: TM-Aufwüchse der Winterungen Biomasseschnitt Anfang Mai 2004 (dt TM/ha)

	SM	RG	BG	BG + BE
WW	28,3	24,6	29,2	31,7
WR	73,3	68,9	67,9	71,1
Di	29,1	37,9	33,3	35,3
Σ	131	131	130	138

Auswirkungen der Vergärung von Gülle und Koppelprodukten auf die Ammoniakemissionen nach Ausbringung sowie auf die Aufnahme und Emission von klimarelevanten Spurengasen durch den Boden

K. Möller¹, K. Schauss², A. Deuker¹, P.-W. Stinner¹, S. Ratering² & S. Schnell²

Einleitung

Die Art der landwirtschaftlichen Nutzung ist eine sehr wichtige Quelle für anthropogen bedingte Spurengasemissionen, die direkt (N_2O , CH_4) bzw. indirekt (NH_3) klimawirksam sind. Quellen für die Spurengasemissionen sind u.a. die aus der Tierhaltung stammenden organischen Dünger, die während der Lagerung und Ausbringung erhebliche Mengen an Spurengasen emittieren können. Weitere Quellen bzw. Senken für Spurengasemissionen stellen die landwirtschaftlichen Böden dar. Die Vergärung der organischen Dünger aus der Tierhaltung in einem Biogasfermenter ermöglicht durch die geschlossene Lagerung der organischen Dünger und durch die gezielte Nutzung des Methans eine erhebliche Reduzierung dieser Emissionen. Neben den Exkrementen können auch Aufwüchse von Klee gras und Zwischenfrüchten, sowie das Stroh von Druschfrüchten vergoren werden, soweit diese nicht als Futter oder Einstreu gebraucht werden. Bei Güllesystemen stellen die NH_3 -Emissionen während der Ausbringung einen wichtigen N-Verlust dar. Die Höhe der Verluste ist u.a. von ihrem TM-Gehalt abhängig. Durch Güllevergärung wird diese dünnflüssiger. Daher wird häufig angenommen, dass vergorene Gülle geringere N-Verluste nach der Ausbringung hat als nicht vergorene.

In einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsprojekt soll untersucht werden, inwieweit sich die Vergärung von Gülle oder Pflanzenaufwüchsen auf die Verluste während der Ausbringung auswirken. Von Interesse ist ebenfalls, wie sich die Vergärung von Gülle und ggf. auch die von Koppelprodukten wie Klee gras oder Zwischenfrüchte auf die Aktivität des Bodens als Senke bzw. Quelle von Spurengasen auswirkt, da erhebliche Mengen an Stickstoff und organischer Substanz von der Fläche zur Vergärung abtransportiert werden.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut Gladbacherhof der Univ. Gießen werden Feldversuche zu den Wirkungen der Vergärung von Gülle, Klee gras, Stroh und Zwischenfruchtaufwüchsen auf Erträge und Umweltverträglichkeit (Nitrat auswaschungspotenzial, Spurengasemissionen) in einem viehhaltenden (DEUKER ET AL. 2004) und einem viehlosen (STINNER ET AL. 2004) System durchgeführt. Die pflanzenbaulichen Versuchsanlagen samt ihrer Bewirtschaftung sind in den o.g. Beiträgen beschrieben. Die Gülle wird mesophil vergoren. Die Vergärung des pflanzlichen Materials erfolgt in einer Hochleistungs-Perkolationsbiogasanlage. Dabei entstehen ein stallmistähnlicher fester sowie ein jaucheähnlicher dünnflüssiger Gärrest.

Die NH_3 -Emissionen während und nach der Ausbringung wurden sowohl Anfang März als auch Anfang Mai gemessen. Die Messung der bodenbürtigen Emissionen bzw. Aufnahme von Lachgas, Methan und CO_2 wurden mittels eines Haubensystems im Winter zweiwöchig und im Sommer vierwöchig durchgeführt. Zusätzlich erfolgten Messungen nach einer Düngeranwendung.

¹ Professur für organischen Landbau, ² Professur für Allg. u. Bodenmikrobiologie, Universität Gießen

Ergebnisse und Diskussion

Lachgasemissionen: Im vorliegenden Versuch wurden insgesamt relativ geringe N_2O -Emissionen festgestellt. Der Abtransport von Zwischenfruchtaufwüchsen von der Fläche vor der Grundbodenbearbeitung bewirkte besonders nach deren Einarbeitung eine deutliche Reduzierung der bodenbürtigen Lachgasemissionen. Auch bei Einarbeitung von nicht vergorener Zwischenfrucht im Vergleich zu vergorenen festen Gärresten vor der Sommerweizenaussaat, die von der Biomasse her ca. der doppelten Menge des Ausgangssubstrats entsprach, wurden im System mit Vergärung deutlich niedrigere N_2O -Emissionen gemessen. Die Reduzierung der Lachgasemissionen ist wahrscheinlich auf eine Verringerung der Menge an mineralisierbarer organischer Substanz im Boden zurückzuführen.

Methanaufnahme im Boden: Der Boden stellte eine kontinuierliche Senke für Methan dar. Der Abtransport der Zwischenfruchtaufwüchse bewirkte teilweise eine Verringerung der CH_4 -Aufnahme, die in einem geringeren N-Angebot für die CH_4 -Oxidierer begründet sein könnte.

Ammoniak: Bei der ersten Messung im März wurden bei vergorener Gülle im Vergleich zur unvergorener etwas höhere prozentuale N-Verluste (NH_3 -Verluste relativ zu N-Gesamt) festgestellt (Abb. 1). Die vergorene Gülle hatte einen um ca. 25 % niedrigeren relativen TM-Gehalt, der pH-Wert stieg durch die Vergärung von 7,0 auf 7,5. Vermutlich ist dieser pH-Anstieg und der höhere NH_4^+ -Gehalt für die höheren NH_3 -Ausgasungen verantwortlich.

Aus dem dünnflüssigen jaucheähnlichen Gärrest aus der Pflanzenvergärung und aus dem Stallmist wurden etwa halb so hohe NH_3 -Emissionen festgestellt (Abb. 1). Durch Beimischung von dünnflüssigen Pflanzengärresten zur vergorenen Gülle sanken die Verluste des Gemisches im Vergleich zur alleinigen Biogasgülle. Bei der zweiten Messung Anfang Mai wurden etwa doppelt so hohe NH_3 -Emissionen wie Anfang März festgestellt.

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass durch die Vergärung von Gülle bei der Ausbringung die NH_3 -Emissionen bestenfalls vergleichbar hoch wie bei unvergorener Gülle sind. Eine senkende Wirkung auf die NH_3 -Emissionen ist durch eine Verdünnung der Gülle mit Wasser zu erzielen. Durch die Einbeziehung von Koppelprodukten in die Vergärung, wie z.B. Zwischenfrüchte werden zwar die Verluste durch bodenbürtige Lachgasemissionen und Nitrat auswaschung gesenkt (STINNER ET AL.), gleichzeitig entstehen jedoch zusätzliche N-Verluste bei der Zwischenlagerung und v.a. bei der Ausbringung der Gärrückstände.

Literatur

DEUKER, A., K. MÖLLER UND G. LEITHOLD (2004): Pflanzenbauliche Systemwirkungen der Vergärung von Gülle und pflanzlichen Koppelprodukten in einem Betriebssystem der ökologischen Landwirtschaft mit Viehhaltung. In diesem Band.

STINNER, P.-W., K. MÖLLER UND G. LEITHOLD (2004): Pflanzenbauliche Systemwirkungen der Vergärung von Klee gras und pflanzlichen Koppelprodukten in einem Betriebssystem der ökologischen Landwirtschaft ohne Viehhaltung. In diesem Band.

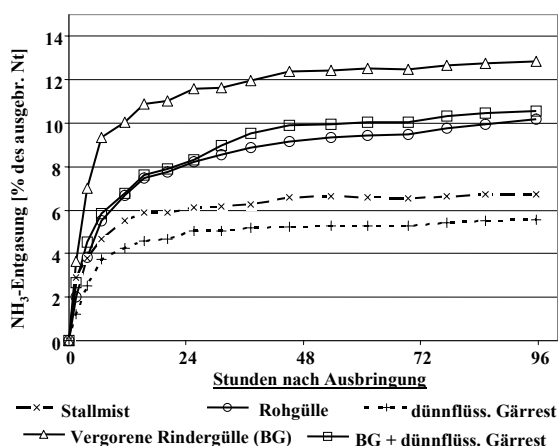


Abb. 1: Verlauf der NH_3 -Ausgasung nach oberflächlicher Ausbringung verschiedener organischer Dünger (Gladbacherhof, 10. März 2003)

Einfluss der Stickstoffform auf die N-Verwertung durch Weizen

Sticksel, E.* , Gastl, C.* & Dennert, J.**

Einleitung

Mineralischer Stickstoffdünger unterliegt in Abhängigkeit von der Form unterschiedlichen Umsetzungsprozessen im Boden, die die Pflanzenverfügbarkeit und die Verlustgefährdung beeinflussen. Es stellt sich die Frage, ob dabei für die Praxis relevante Differenzierungen hinsichtlich Ertrag, Qualität und N-Bilanz auftreten.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Roggenstein der TU München wurde von 2000 bis 2002 ein mehrfaktorieller Versuch in Winterweizen angelegt (Tab. 1). Der Standort ist als sandiger Lehm mit 53 Bodenpunkten eingestuft. Die Witterung (März-Juli) war 2000 überdurchschnittlich feucht und warm, während die Folgejahre bei durchschnittlichen Temperaturen trockener (2001) bzw. feuchter (2002) als dem langjährigen Mittel entsprechend ausfielen. Vorfrucht war Winterraps, der eine positive N-Bilanz von +57 kg N ha⁻¹ (2000) bzw. 74 kg N ha⁻¹ (2001, 2002) aufwies. Der Saattermin lag in der ersten Oktoberdekade, die Grunddüngung erfolgte einheitlich. Pflanzenschutzmaßnahmen wurden entsprechend den Jahrgangsverhältnissen optimal gehandhabt.

Die AHL-Lösung wurde mit Flachstrahldüsen zu Vegetationsbeginn, EC 30 und EC 32 ausgebracht. Die Spätdüngung zu EC 47 erfolgte bei allen Varianten mit KAS, lediglich bei der Variante 'ENTEC' erfolgte keine Spätdüngung.

Es wurden der Kornertrag sowie der N-Gehalt im Korn ermittelt. Der Korn-N-Entzug abzüglich des zugeführten Düngerstickstoffes wurde als vereinfachte N-Bilanz ausgewiesen (ohne Berücksichtigung der Änderung des N_{min}-Vorrates sowie des Stroh-N-Entzugs).

Tab. 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen des N-Formenversuchs in Winterweizen (2000-2002)

Faktor	Faktorstufe
Sorte	Hybnos (Saatstärke 150 Körner je m ²)
	Batis (2000, 2001), Magnus (2002) (Saatstärke 250 Körner je m ²)
N-Menge	150 kg N ha ⁻¹
	180 kg N ha ⁻¹
N-Form	Kalkammonsalpeter (KAS)
	ENTEC®
	Harnstoff (Hst) (granuliert)*
	Ammonitrat-Harnstofflösung (AHL)*

* Spätdüngung in EC 47 als KAS

Ergebnisse und Diskussion

Die Hybridweizensorte 'Hybnos' erreichte gegenüber den Liniensorten 'Batis'/Magnus' im Mittel der Jahre und Versuchsfaktoren einen Mehrertrag von annähernd 7 dt ha⁻¹. Aufgrund des geringeren Proteinbildungsvermögens von

* Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung der TU München, AG Pflanzenbau, Am Hochanger 2, 85350 Freising-Weihenstephan

** Versuchsstation Roggenstein der TU München, 82223 Roggenstein

'Hybnos' (10,8 % vs. 11,5 %) ergab sich für beide Sorten eine gleich hohe, vereinfachte mittlere N-Bilanz von -20 kg N ha^{-1} .

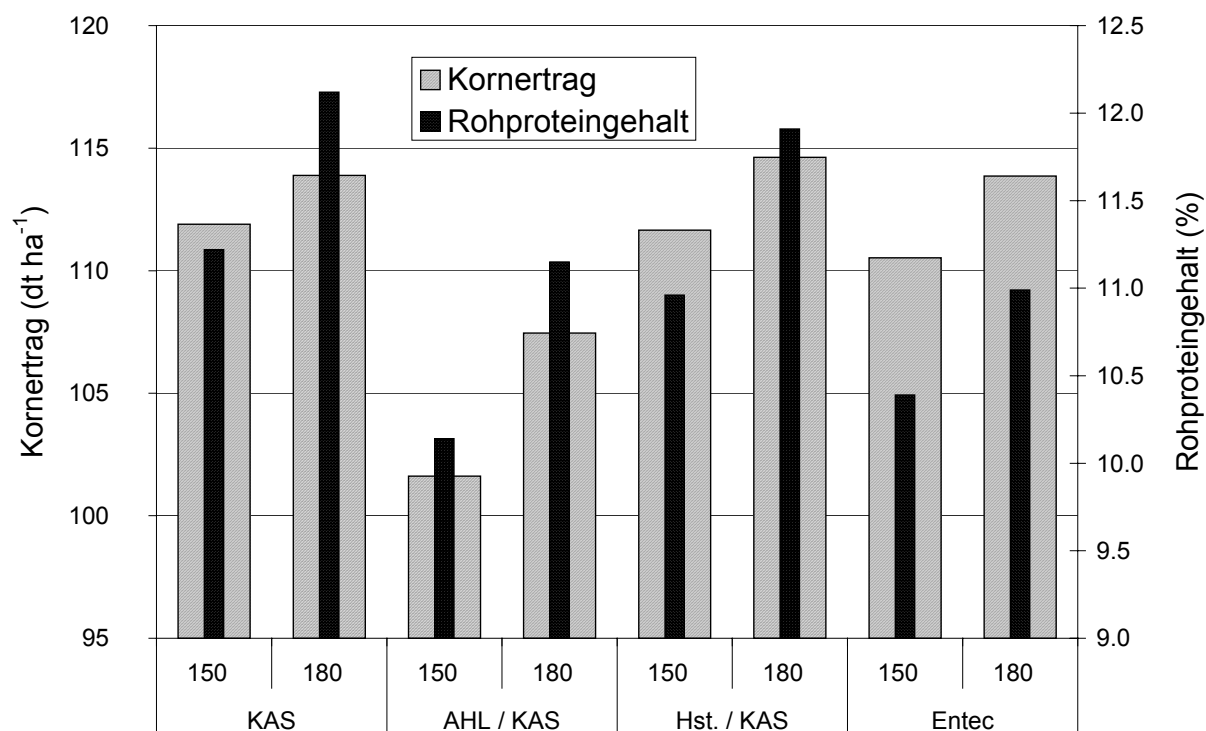


Abb. 1: Kornertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen in Abhängigkeit von der N-Menge und N-Form (Mittel über Sorten 'Hybnos' und 'Batis/Magnus' und Jahre 2000 bis 2001)

Beim Einsatz von AHL wurde, über die Jahre und Versuchsfaktoren gemittelt, ein Kornertrag von 105 dt ha^{-1} erreicht (Abb. 1). Der Ertragsunterschied der N-Form AHL zu den N-Formen KAS, Harnstoff und ENTEC, die hinsichtlich des Kornertrages untereinander annähernd gleich wirksam waren, ließ sich statistisch nicht absichern. Im Proteingehalt ergab sich eine stärkere Abstufung zwischen den N-Formen. So wurden beim Einsatz von AHL bzw. ENTEC mittlere Rohproteingehalte von 10,7 % gemessen (Abb. 1), was sich von 11,4 % beim Einsatz von Harnstoff statistisch trennen ließ. Bei den unterdurchschnittlichen Rohproteingehalten der Variante 'ENTECC' ist die unterlassene Spätdüngung zu berücksichtigen. Der mit 11,7 % signifikant höchste Rohproteingehalt wurde beim Einsatz von KAS erreicht.

Nach Untersuchungen von Weber et al. (2000) sind unter südbayerischen Bedingungen die gasförmigen N-Verluste nach AHL-Ausbringung maximal 3 % höher zu veranschlagen als bei Ausbringung von KAS. In der hier vorliegenden Studie war bezüglich des Kornertrages die N-Wirksamkeit um 7 % niedriger als bei KAS. Aufgrund der gleichzeitig geringeren Rohproteingehalte lagen die N-Entzüge bei der Variante 'AHL' um ca. 15 % niedriger als bei der Variante 'KAS'. Neben gasförmigen N-Verlusten nach AHL-Ausbringung sind offensichtlich weitere Faktoren, wie eine stärkere Immobilisierung, als Ursachen für die geringere N-Verwertung zu nennen.

Literatur

Weber, A., R. Gutser, G. Henkelmann und U. Schmidhalter 2000: Unvermeidbare NH₃-Emissionen aus mineralischer Düngung (Harnstoff) und Pflanzenmulch unter Verwendung einer modifizierten Messtechnik. VDLUFA-Schriftenreihe 53: 175-183.

Pflanzenbauliche Systemwirkungen der Vergärung von Klee gras und pflanzlichen Koppelprodukten in einem Betriebssystem der ökologischen Landwirtschaft ohne Viehhaltung

P.-W. Stinner, K. Möller & G. Leithold *

Einleitung

Im ökologischen Pflanzenbau ist das N-Angebot ein maßgeblicher ertragsbegrenzender Faktor. Während in viehhaltenden Betrieben wirtschaftseigene Düngemittel zur Verfügung stehen, fehlen diese in viehlosen Betrieben. Da in solchen Betriebssystemen eine direkte wirtschaftliche Verwertung von Klee gras fehlt, das auch im viehlosen Ökolandbau aus Gründen der Unkrautbekämpfung und N₂-Fixierung unverzichtbar ist, bleibt dieses Material als Mulch auf der Fläche. Das Mulchen von Klee gras ist mit mehreren Nachteilen verbunden, wie z.B. erhöhte N-Verluste (Nitratauswaschung und NH₃-Ausgasungen aus dem Mulch) und eine geringere N₂-Fixierungsleistung bei den nachfolgenden Aufwüchsen. Die erheblichen N-Mengen in Zwischenfruchtaufwüchsen im Herbst sind, sofern sie auf der Fläche verbleiben, über Winter ebenso verlustgefährdet. Ziel des vorgestellten Forschungsprojektes, das durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gefördert wird, ist es, die Auswirkungen der Vergärung von anfallenden gärfähigen Substraten auf Erträge und Umweltauswirkungen zu untersuchen.

Material und Methoden

Die Ergebnisse stammen aus einem laufenden Feldversuch auf dem Versuchsbetrieb Gladbacherhof. Die Fruchtfolge ist sechsfeldrig und besteht aus Klee gras (KG), Kartoffeln (K), Winterweizen (WW 3), Körnererbsen (Erb), Winterweizen (WW 5) und Sommerweizen (SW) mit Untersaat. Jeweils nach Winterweizen und nach Erbsen wird eine Zwischenfrucht aus Ölerrettich und Sommerwicken angebaut. Bei der Kontrollvariante (K) werden die Aufwüchse von Klee gras und Zwischenfrüchten sowie das Stroh von Getreide und Erbsen auf der Fläche belassen. Diese wird verglichen mit einer Biogas-Variante (BG), bei der das oben genannte Material geerntet und in einer Hochleistungs-Perkolations-Biogasanlage vergoren wird. Dabei entstehenden feste und flüssige Gärreste, die zur Düngung der nichtlegumener Früchte in der Fruchtfolge dienen. Im vorliegenden Versuch werden die Feststoffe nach der Vergärung direkt vor der Winterpflugfurche zu Kartoffeln und Sommerweizen ausgebracht und eingearbeitet. Die flüssigen Gärreste werden als Kopfdünger zum passenden Zeitpunkt zum Winterweizen gegeben.

Erhoben werden die Erträge der Haupt- und Zwischenfrüchte sowie die N_{min}-Gehalte im Boden im Frühjahr und Herbst. Zur Erfassung des Verlaufs der TM-Bildung und der N-Aufnahme werden Zeiternten bei Druschfrüchten und Kartoffeln genommen.

Ergebnisse und Diskussion

Im vorliegenden System stand durch die konsequente Vergärung aller in der Regel nicht marktfähigen Aufwüchse für das Jahr 2003 ein mobiler N-Düngerpool von insgesamt 541 kg N und für das Jahr 2004 von 518 kg N zur Verfügung, der verteilt auf die vier nicht legumener Hauptfrüchte eine durchschnittliche Düngung von ca. 130 kg N/ha ermöglichte (Tab. 1).

* Professur für Organischen Landbau, Justus Liebig-Universität Gießen

Tab. 1: Düngerverteilung (Variante BG) zu den Früchten 2003 und 2004 in kg N/ha

Jahr	2003		2004	
	Feststoff	Gärflüssigkeit	Feststoff	Gärflüssigkeit
- Kartoffeln	167		209	
- WW 3		101		75
- WW 5		142		119
- Sommerweizen	121	10	115	
Summe	288	253	324	194

Beim Klee gras wurden weder Unterschiede in den Erträgen noch in den N-Aufnahmen gemessen (Tab. 2). Es ist daher davon auszugehen, dass ein Teil des Stickstoffes aus dem Mulch entweder verloren oder zu Lasten der Gesamt-N₂-Fixierungsleistung ging. Bei den überwiegend mit den Gär feststoffen (C/N-Verhältnis von 11 bis 24) gedüngten Sommerungen wurden keine Unterschiede in Ertrag und N-Aufnahme gemessen. Vermutlich wurde der Stickstoff aus den im Winter vor Kartoffeln und Sommerweizen eingepflügten festen Gärresten nicht rechtzeitig pflanzenverfügbar. Dagegen erhöhte die Flüssigdüngung beim Winterweizen die Erträge und N-Aufnahmen. Die Erträge der Erbsen sind wegen Schäden durch Vogel- und Mäusefraß unter Vorbehalt zu sehen.

Tab. 2: Einfluss des Bewirtschaftungssystems auf die Hauptfrucht-Erträge (dt TM/ha) und N-Aufnahmen (kg N/ha) 2003

	Klee gras		Kartoffel		WW 3		Erbsen		WW 5		SW	
	K	BG	K	BG	K	BG	K	BG	K	BG	K	BG
TM-Ernte	138	135	87	86	42	50	31	26	40	46	38	37
N-Ernte	399	395	103	109	105	122	167	149	92	119	98	97

Im Herbst waren die N_{min}-Gehalte in der Variante BG nur nach einzelnen Früchten niedriger als in der Kontrolle. Die im Frühjahr gemessenen N_{min}-Gehalte waren bei der BG-Variante als Folge der Ernte von Zwischenfrucht- und Klee gras aufwüchsen geringer, sofern keine Düngung vor der Probenahme erfolgte (siehe die Werte bei Körnererbsen und Klee gras in Tab. 3). Dies deutet auf ein niedrigeres Verlustpotential bei Aberntung der Zwischenfrüchte hin.

Tab. 3: Einfluss des Bewirtschaftungssystems auf die N_{min}-Gehalte in 0-90cm (kg N/ha)

Hauptfrucht 02	SW		KG		K		WW 3		Erb		WW 5	
Hauptfrucht 03	KG		K		WW 3		Erb		WW 5		SW	
Variante	K	BG	K	BG	K	BG	K	BG	K	BG	K	BG
N _{min} Herbst 02	23,0	15,0	22,2	18,7	57,0	62,2	13,3	16,5	42,5	30,7	11,5	15,2
N _{min} Frühjahr 03	38,1	23,8	75,2	83,7	48,5	63,3	77,3	61,1	45,1	63,6	106	80,2
N _{min} Herbst 03	56,2	22,9	135	120	23,1	22,3	59,7	59,5	17,4	17,1	25,1	23,2

Die aus versuchstechnischen Gründen gewählte Vorgehensweise, die Gärsubstrate unmittelbar nach ihrem Anfall zu vergären und die Feststoffe direkt zu den auf die Ernte folgenden Sommerungen zu düngen, führt dazu, dass zum Teil Dünger mit einem weiten CN-Verhältnis (z.B. Gärreste aus Getreidestroh: 24) direkt zur Hauptfrucht gedüngt werden. Wahrscheinlich ist der Einsatz nach der Hauptfrucht zur folgenden Zwischenfrucht pflanzenbaulich sinnvoller. In der Praxis würde das Substrat gleichmäßig übers Jahr vergoren. Durch Lagerung von Substrat und Gärresten würden dabei entsprechende Nährstoffmengen zwischengelagert.

Einfluss langjährig reduzierter Bodenbearbeitung auf die Nährstoffversorgung und das Wachstum von Zuckerrüben

Olga Tomanová & Heinz-Josef Koch*

Einleitung

Bodenbearbeitung hat einen großen Einfluss auf die Faktoren, die die Nährstoffdynamik im System Boden-Pflanze steuern (El Titi, 2003). Damit kann die Bodenbearbeitung den Ernährungszustand der Kulturpflanze beeinflussen und Wachstums- und Ertragsunterschiede verursachen.

In einem Versuch in Harste bei Göttingen (D) wurde ein erheblicher Minderertrag von Zuckerrüben bei langjährig reduzierter Bodenbearbeitung festgestellt. Nachfolgend wird geprüft, ob sich dieser Minderertrag auf ein verringertes Nährstoffangebot im Boden oder ein vermindertes Aneignungsvermögen der Pflanze zurückführen läßt.

Material und Methoden

Bodentyp der Versuchsfläche (150 m ü. N.N.) ist eine pseudovergleyte Parabraunerde aus Löß, Bodenart ist ein toniger Schluff (Ut3). Die langjährige Jahresmitteltemperatur beträgt 8,8 °C, der mittlere Jahresniederschlag 602 mm. Der Versuch ist auf drei Teilschlägen angelegt. Jedes Jahr werden alle Früchte der Fruchtfolge Winterweizen, Wintergerste, Senf als Zwischenfrucht und Zuckerrübe auf jeweils einem der 3 Teilschläge angebaut. Varianten der Bodenbearbeitung sind die Verfahren Lockerbodenwirtschaft (LBW = gepflügt zu jeder Hauptfrucht, ca. 30 cm tief) und Festboden-Mulchwirtschaft (FBMW = gegrubbert, maximal 10 cm tief). Die N-Düngung ist in 4 fruchtartspezifischen Düngungsstufen variiert (zur Zuckerrübe 0, 50, 110, 170 kg N ha⁻¹, N0 bis N3). Düngung und Bodenbearbeitung sind über die Jahre ortsfest. Die Grunddüngung (P, K, Mg, Ca) wird einheitlich in allen Parzellen vor der Zwischenfruchtaussaat gegeben und ist nach dem Nährstoffentzug in der gesamten Fruchtfolge (Düngungsstufe N2) bemessen.

Pflanzenmaterial aus 3-4 Zwischenernten von Mai bis Juli und der Endernte (1. Ernte: Gesamtpflanze; weitere Ernten: Kopf+Stiel+Spreite; im Weiteren als „Blatt“ bezeichnet) aus ausgewählten Versuchsjahren und den Düngungsstufen N0 und N3 wurde auf seinen Gehalt an N, P, K und Mg untersucht. Der Rübenenertrag wurde zur Endernte Ende September erfasst.

N_{min}-Gehalte wurden im Frühjahr vor der Zuckerrübenaussaat für die Tiefe 0-90 cm bestimmt. Zusätzlich wurden im Jahr 2001 Bodenproben gezogen (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-45 cm Bodentiefe) und auf ihren Gehalt an den pflanzenverfügbaren Nährstoffen P, K und Mg (CAL- bzw. CaCl₂-Auszug) analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Der Ertrag von Zuckerrüben stieg mit zunehmender N-Düngung an (Ergebnisse nicht dargestellt). FBMW führte im Vergleich zu LBW zu einem signifikant niedrigeren Rübenenertrag (langjährige Auswertung 1993-2001). Mit steigender N-Düngung wurde der Minderertrag in der Variante FBMW teilweise, aber nicht vollständig kompensiert.

Bei FBMW wurden im Vergleich zu LBW signifikant niedrigere Frühjahrs-N_{min}-Gehalte in der Bodenschicht 0-90 cm gefunden, die auf eine verzögerte oder verringerte N-Mineralisation hindeuten. Bei den Gehalten an den pflanzenverfügbaren

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

Nährstoffen P, K und Mg wurde nach FBMW eine signifikante Anreicherung im oberflächennahen Boden und eine Abreicherung in den mittleren und tieferen Bodenschichten (10-45 cm) gegenüber LBW festgestellt (Ergebnisse nicht dargestellt). Die P-, K- und Mg-Gesamt mengen innerhalb des Bodenprofils 0-45 cm waren bei beiden Bearbeitungsvarianten nahezu gleich.

Im Blatt waren in der N0-Variante in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode bei FBMW tendenziell niedrigere N-Gehalte zu beobachten als bei LBW (Abb. 1, links). Zudem lagen sie bei FBMW deutlich unter dem Wert von 4 % N i.d.TM, der von Bergmann (1993) als ausreichend für Zuckerrüben 50-60 Tage nach dem Auflaufen genannt wird. Eine zeitweilige Einschränkung der N-Verfügbarkeit bei reduzierter Bodenbearbeitung aufgrund eines verzögerten Ablaufs der Mineralisation könnte die Ursache für den niedrigeren N-Gehalt bei FBMW in der Düngungsstufe N0 am Anfang der Vegetationsperiode sein. Bei hoher N-Düngung (N3) war demgegenüber kein Effekt der Bodenbearbeitung auf den N-Gehalt zu finden (Abb. 1, rechts). Diese Befunde können die steigende Ertragsdifferenz zwischen den Bearbeitungsverfahren mit sinkender N-Düngung erklären.

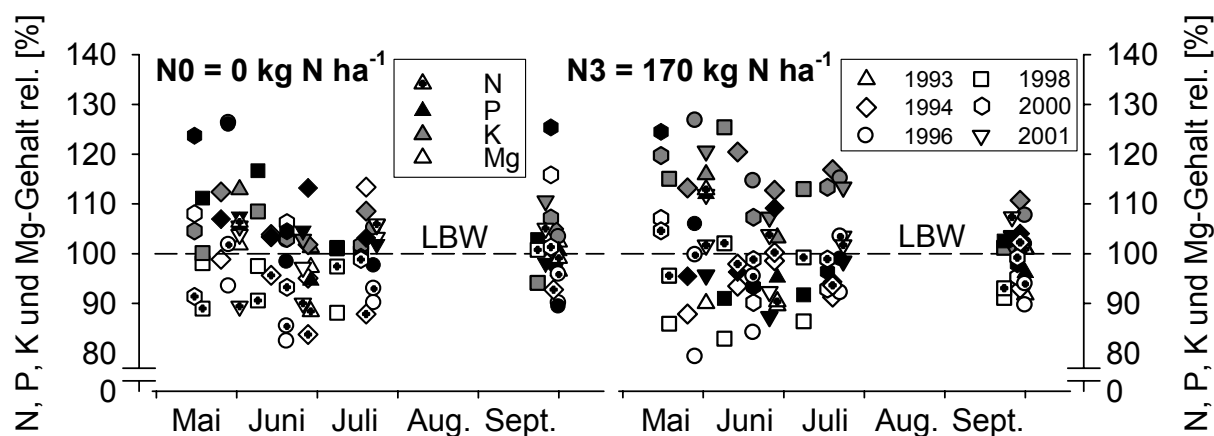


Abb. 1: Relativer N-, P-, K- und Mg-Gehalt im Zuckerrübenblatt bei FBMW im Vegetationsverlauf. LBW = 100%, N0 und N3 (Harste).

In Düngungsstufe N0 trat vor allem zu den frühen Messterminen ein erhöhter P-Gehalt nach FBMW auf. Im Vergleich dazu war er nach hoher N-Düngung (N3) bei FBMW geringfügig niedriger als bei LBW. Der K-Gehalt lag in beiden Düngungsstufen bei FBMW höher als bei LBW. Die tendenziell niedrigere Mg-Aufnahme wurde offensichtlich durch eine höhere K-Aufnahme kompensiert (Ionenantagonismus). Der höhere K-Gehalt könnte die Folge der K-Anreicherung und höheren K-Verfügbarkeit in der Bodenschicht 0-10 cm bei reduzierter Bodenbearbeitung sein.

Die Bodenbearbeitung hatte bei Zuckerrüben unter den Bedingungen des Versuchsstandortes einen wesentlichen Einfluss auf den Ertrag. Mit Ausnahme des Stickstoffs in Variante N0 bei FBMW wurden keine ertragsrelevanten Unterschiede in der Versorgung des Bodens mit pflanzenverfügbaren Nährstoffen und in ihrer Aufnahme durch die Pflanze festgestellt.

Literatur

- Bergmann, W. 1993: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. 835 S., Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.
 El Titi, A. 2003: Soil Tillage in Agroecosystems. 367 S., CRC Press New York.

Vorkommen von *Fusarium* spp. in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung, Bewässerung und Vorfrucht bei Körnermais

M. Büchter¹, M. Lemmens², Vitore Shala-Mayrhofer¹ & H.-P. Kaul¹

Einleitung

Bodenbearbeitung, Witterungsbedingungen und getreidebetonte Fruchtfolgen beeinflussen den Lebensraum von Nutz- und Schadorganismen. So wirken sich diese Faktoren u. a. auch auf die Populationsstruktur und -dynamik von *Fusarium* spp. aus. Vor allem die pfluglose Bodenbearbeitung stellt in Kombination mit häufigen Niederschlägen einen fördernden Faktor für das Auftreten von *Fusarium* spp. dar. Insbesondere die Stroh- und Mulchauflage der Vorfrucht erhöht den Infektionsdruck (Meier et al. 2001). Ein *Fusarium*-Befall ist an fast allen Getreidearten möglich. Das an einem Standort vorhandene Artenspektrum setzt sich in Abhängigkeit von orts- und jahresspezifischen Faktoren aus unterschiedlichen *Fusarium*-Arten zusammen. Lew et al. (2001) stellten fest, dass *F. graminearum* der häufigste Erreger von Fusariosen in Österreich ist. Sie beobachteten zudem eine Artenverschiebung zugunsten von Fusarien der Sektion *Liseola* beim Mais, welche Toxine wie das Moniliformin und die Fumonisine bilden.

Ziel dieser Untersuchung war es, das Vorkommen von *Fusarium* spp. in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung, Bewässerung und Vorfrucht sowie den standörtlichen Populationsdichten und Artenvorkommen bei Körnermais im Trockengebiet Ostösterreichs zu erfassen.

Material und Methoden

Der zugrunde liegende Feldversuch wird auf den Versuchsflächen Raasdorf der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf (Marchfeld, Niederösterreich, 156 m NN, Ø-Jahres-temperatur 9,8 °C, Ø-Jahresniederschlag 546 mm, Parabraunerde-Tschernosem, schluffiger Lehm) durchgeführt. Der Versuch (4,8 ha) wurde in einer mehrfaktoriellen Spaltanlage in drei Wiederholungen im August 2002 angelegt. Die Faktoren dieser Untersuchung sind Zwischenfrucht vor Mais (Winterraps, Gelbsenf), Bodenbearbeitung (Pflug, Grubber) und Bewässerung (0 mm, Σ 100 mm). Zur Ermittlung des *Fusarium*-Befalls wurden Bodenproben getrennt nach Mineralboden (< 2 mm) und pflanzlichem Rückstand auf *Fusarium*-Besatzdichten (Keimzahl g⁻¹ Boden bzw. g⁻¹ pflanzlicher Rückstand) und *Fusarium*-Arten untersucht (Nierenberg 1981). Ebenso wurden die Befallsintensität (% befallene Körner mit *Fusarium* spp.) von den Maiskolben mit sichtbarer Infektion zur Ernte bonitiert und anhand eines Maiskorns je infizierter Kolbenfläche die *Fusarium*-Arten bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Am Untersuchungsstandort wurden substratspezifische Besatzdichten nachgewiesen (siehe BÜCHTER et al. 2003). Tabelle 1 belegt den Einfluss der Bodenbearbeitung und der Bewässerung auf die Befallsintensität von *Fusarium* spp. am Maiskorn. Eine Wirkung der Zwischenfrüchte auf die Befallsintensität bzw. auf die Besatzdichte von *Fusarium* spp. konnte weder am Maiskorn noch im Bodensubstrat beobachtet werden.

¹ Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

² Department Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie, Abteilung Biotechnologie in der Pflanzenproduktion, Universität für Bodenkultur Wien, Konrad Lorenz Straße 20, A-3430 Tulln

Tab. 1: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Befallsintensität (% befallene Körner mit *Fusarium* spp.)

Effekt	F-Wert	Pr > F*
Bodenbearbeitung (B)	6.35	0.018
Bewässerung (W)	5.94	0.021
Zwischenfrucht (ZF)	0.29	0.595
B x W	2.68	0.112
B x ZF	0.38	0.540
W x ZF	1.64	0.210

*Pr>F: Überschreitungswahrscheinlichkeit

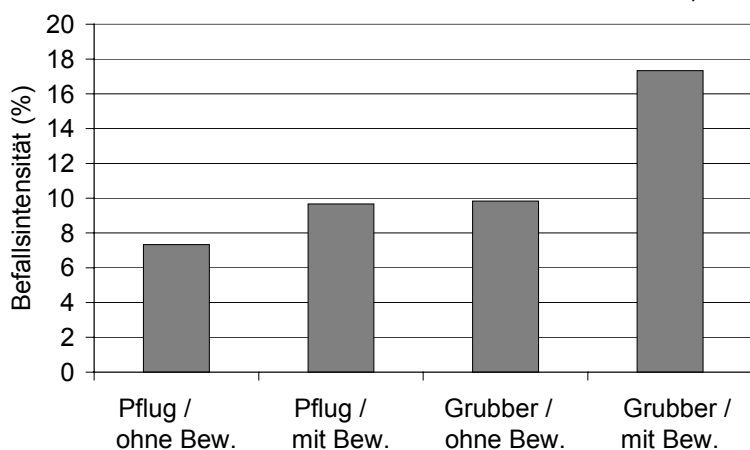


Abb. 1: Befallsintensität (% befallene Körner mit *Fusarium* spp.) beim Körnermais in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Bewässerung

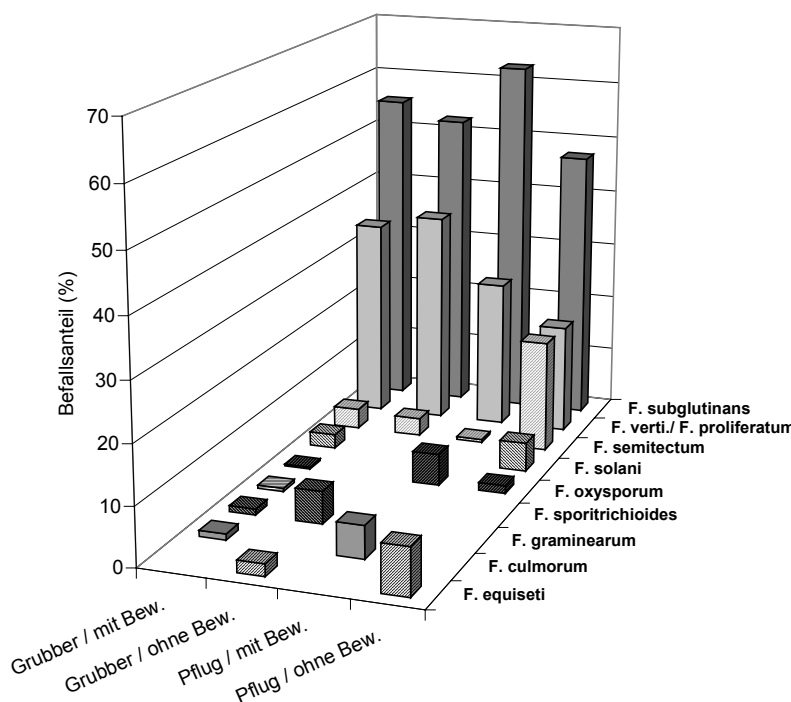


Abb. 2: Befallsanteil (%) der *Fusarium*-Arten an den Maiskörnern in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Bewässerung

Sowohl die Bodenbearbeitung als auch die Bewässerung wirken steigend auf den Befall mit *Fusarium* spp. (Abb. 1). Interaktionen konnten nicht nachgewiesen werden.

Die Infektion der *Fusarium*-Pilze verläuft über am Boden vorhandenes Inokulum, welches als saprophytisches Myzel oder als dickwandige Dauerspore (Chlamydospore) auf Pflanzenrückständen, wie z. B. Stoppelresten, überdauert (Meier et al. 2001). Beim Vergleich der vorgefundenen *Fusarium*-Arten war auffallend, dass die im Boden nachgewiesenen *Fusarium*-Arten nur in Spuren an den Maiskörnern wieder gefunden wurden. Befallsintensitäten von 60 % bis 85 % konnten vor allem für die *Liseola*-Sektion nachgewiesen werden, insbesondere *F. subglutinans* und *F. verticillium* / *F. proliferatum* (Abb. 2). Diese Beobachtung spricht für ein Dominieren von Spätinfektionen, vor allem nach Maiszünslerbefall (Lew et al. 2001), welcher auch im Feldversuch zu beobachten war.

Literatur

Büchter, M., M. Lemmens und H.-P. Kaul, 2003: Standortkartierung von Getreidefusariosen im Trockengebiet Ostösterreichs. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., **15**, 358-359.
 Lew, H., A. Adler, W. Edinger, W. Brodacz, E. Kiendler und J. Hinterholzer, 2001: Fusarien und ihre Toxine bei Mais in Österreich. Bodenkultur, **52**(3), 199-207.
 Meier, A., B. Birzele, E.C. Oerke, U. Steiner, J. Krämer and H.W. Dehne, 2001: Significance of different inoculum sources for *Fusarium* infection of wheat ears. Mycotoxin Research **17A**(1), 71-75.
 Nierenberg, H., 1981: A simplified method for identifying *Fusarium* spp. occurring on wheat. Can. J. Bot., **59**, 1599-1609.

Einfluß verschiedener Umweltbedingungen auf die Wirksamkeit der Nachtbodenbearbeitung gegen Unkräuter

P. Juroszek, S. Drews , D. Neuhoff & U. Köpke*

Einleitung

Mit Bodenbearbeitung und Saat unter Lichtausschluß soll die lichtabhängige Keimung von Unkrautsamen gehemmt werden, um die auflaufenden Unkräuter im Kulturpflanzenbestand zu reduzieren (Hartmann und Nezadal 1990). Allerdings führte die photobiologische Unkrautkontrolle nicht immer zu einer Verminderung der Verunkrautung. Gallagher und Cardina (1998) vermuten, daß in ihren Feldversuchen vergleichsweise hohe Bodentemperaturen die Wirkung des Lichtes auf die Keimung von verschiedenen *Amaranthus*-Arten überlagerten. Demnach können die Umweltbedingungen (z.B. Bodentemperatur, Bodenfeuchte/Niederschläge) den erfolgreichen Einsatz der Nachtbodenbearbeitung modifizieren. Bisher ist nicht ausreichend geklärt, welche Umweltfaktoren und Interaktionen den Effekt der Nachtbodenbearbeitung maßgeblich beeinflussen. Vor allem ist fraglich, ob diese Beeinflussung in erster Linie vor, während oder nach der Bodenbearbeitung stattfindet. In den Jahren 2000 bis 2003 wurden zwei Langzeitversuche auf Schwarzbrache durchgeführt, um u.a. den Effekt verschiedener Umweltfaktoren auf die Wirksamkeit der Nachtbodenbearbeitung zu untersuchen.

Material und Methoden

Die Langzeitversuche '*Dormanzversuch A*' und '*Dormanzversuch B*' wurden auf der Lehr- und Versuchsstation für Organischen Landbau 'Wiesengut' in Hennef durchgeführt. Beide Versuche wurden etwa 300 m voneinander entfernt im selben Feld angelegt. Die Bodenart war ein sandiger bis schluffiger Lehm mit etwa 60 Bodenpunkten. Beide Versuche wurden in drei gleich große Sektionen aufgeteilt. Jede Sektion bestand aus 16 Parzellen, von denen jeweils 8 bei Tag bzw. bei Nacht mit einer Kreiselegge bearbeitet wurden (einfaktorielle Blockanlage mit 8 Wiederholungen). In jeder Sektion wurde in den Jahren 2000 bis 2003 die Bodenbearbeitung mit einer Ausnahme neun Mal durchgeführt. Daraus resultierten insgesamt 26 Einzelversuche je Langzeitversuch. Während der Versuchsdurchführung wurden die Lichtintensität und die Bodenfeuchte gemessen. Die Bodentemperatur wurde kontinuierlich in 10 cm Tiefe erfaßt. Tageswerte der maximalen Lufttemperatur und der Niederschläge wurden von dem nahe gelegenen Flughafen Köln herangezogen. Zusammenhänge zwischen dem Wirkungsgrad der Nachtbodenbearbeitung (Unkrautdicke Nacht vs. Tag in %) und den Umweltfaktoren wurden mit Hilfe von Korrelationskoeffizienten nach Pearson ($P < 0,05$) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Im '*Dormanzversuch A*' bestand zwischen der Höhe des Niederschlags drei Tage nach der Bodenbearbeitung und dem Effekt der Nachtbodenbearbeitung ein signifikant negativer Zusammenhang (Tab.1). Geringer bzw. ausbleibender Niederschlag (< 5 mm) führte dazu, daß mehr Unkräuter nach Nacht- als nach Tagbodenbearbeitung aufliefen. Dieser Sachverhalt ist vergleichbar mit den Resultaten von Botto et al. (2000), wonach der unkrautreduzierende Effekt der Nachtbodenbearbeitung bei ausbleibendem Niederschlag nach der Boden-

* Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 3, D-53115 Bonn

bearbeitung deutlich abnimmt. Auch ausbleibender Niederschlag drei Tage vor der Bodenbearbeitung reduzierte tendenziell die Wirkung der Nachtbodenbearbeitung (Tab.1). Möglicherweise war das Phytochrom in den Samen nicht ausreichend gequollen, um den Lichtreiz aufzunehmen. Die Bodenfeuchte am Tage der Versuchsdurchführung hatte allerdings keinen nachweisbaren Einfluß auf die Wirksamkeit der Nachtbodenbearbeitung ($r = -0,15$).

Tab. 1: Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) zwischen dem Wirkungsgrad der Nacht-bodenbearbeitung (Unkrautdicke Nacht vs. Tag in %) und ausgewählten Umweltfaktoren vor, während und nach der Versuchsdurchführung, $n = 26$, 'Dormanzversuch A'.

	3 Tage vorher	Vers.- durchf.	3 Tage nachher
Niederschlag (mm)	-0,36	n. b.	-0,42*
Bodentemperatur (°C)	n. b.	0,40*	n. b.
Kumulative tägliche maximale Lufttemperatur (°C)	0,30	n. b.	0,56*

Ergebnisse mit * markiert sind signifikant ($P < 0,05$), n. b. = nicht berechnet

Eine vergleichsweise hohe maximale Bodentemperatur am Tage der Versuchsdurchführung ($> 18\text{ °C}$) führte dazu, daß mehr Unkräuter nach Nacht- als nach Tagbodenbearbeitung aufliefen (Tab.1). Eine hohe kumulative tägliche maximale Lufttemperatur ($> 60\text{ °C}$) drei Tage vor bzw. 3 Tage nach der Bodenbearbeitung hatte in diesem Versuch den gleichen negativen Effekt (Tab.1). Diese Ergebnisse stützen die Aussagen von Gallagher und Cardina (1998), denen zufolge bei vergleichsweise hohen Bodentemperaturen die Keimung unabhängig vom Lichtreiz induziert werden kann. Aus den Ergebnissen des 'Dormanzversuch A' läßt sich ableiten, daß ausbleibender bzw. geringer Niederschlag und relativ hohe Temperaturen den Effekt der Nachtbodenbearbeitung überlagerten.

Die Ergebnisse des 'Dormanzversuches B' bestätigen nur teilweise und zudem in abgeschwächter Form die oben getroffenen Aussagen vom 'Dormanzversuch A', obwohl die Bodenbearbeitungstermine am gleichen Tag im selben Feld und somit bei ähnlichen Umweltbedingungen durchgeführt wurden. Als differenzierende Ursache kommen u.a. Bodenunterschiede im selben Feld in Betracht, die sich möglicherweise auf die lichtsensitive Samenkeimung über den VLFR-Zustand auswirken.

Die Ergebnisse des 'Dormanzversuches A' deuten darauf hin, daß die Umweltbedingungen nach der Bodenbearbeitung einen stärkeren Einfluß auf den Wirkungsgrad der Nachtbodenbearbeitung ausübten als vor der Bodenbearbeitung (Tab.1). Die Frage, wann genau die Effekte der verschiedenen Umweltfaktoren und deren Interaktionen am stärksten ausgeprägt sind, bedürfen jedoch weiterer eingehender Untersuchungen. Dazu sind u.a. detaillierte Modellversuche im Feld und Gefäß zur Nachtbodenbearbeitung notwendig, in denen verschiedene Umweltfaktoren, Einwirkzeiten und Unkrautarten miteinander kombiniert werden.

Literatur

- Botto J.F., Scopel A.L., R.A. Sánchez (2000): Water constraints on the photoinduction of weed seed germination during tillage. Australian Journal of Plant Physiology 27, 463-471.
- Gallagher, R.S. und J. Cardina (1998): The effect of light environment during tillage on the recruitment of various summer annuals. Weed Science 46, 214-216.
- Hartmann, K.M. und W. Nezadal (1990): Photocontrol of weeds without herbicides. Naturwissenschaften 77, 158-163.

Einfluss unterschiedlicher Bodennutzungssysteme auf den Bodenwasserhaushalt und das Ertragsverhalten im semiariden Produktionsgebiet Österreichs

P. Liebhard*, H. Wagentristl*, G. Bodner*, J. Glauning* & H-P. Kaul*

Einleitung

Weltweit ist auch in der Landwirtschaft die höchste Wirtschaftlichkeit zum entscheidenden Erfolgskriterium geworden. Bisher gab es bei der Bodenbearbeitung in keinem Jahrhundert eine so rasche Entwicklung in Richtung Elektronik und Flächenleistung wie im vergangenen Jahrzehnt. Die ständig steigenden Gewichte und die höhere Fahrgeschwindigkeit bei der Bodenbearbeitung und bei der Ernte führen zu einer zusätzlichen Belastung der Böden, deren summierende Tiefenwirkung nicht vorhersehbar war. Die Veränderungen lassen sich meist erst nach langjähriger Versuchsdauer und parallel verlaufenden kontinuierlichen Begleituntersuchungen feststellen. Ziel des Langzeitversuches ist die Entwicklung von umweltschonenden Bodennutzungssystemen bei unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität unter besonderer Berücksichtigung der reduzierten Bodenbearbeitung und des Bodenwasserhaushaltes für das semiaride Produktionsgebiet.

Material und Methoden

Der seit August 1996 an der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur in Groß Enzersdorf laufende Versuch wurde als zweifaktorielle Spaltanlage mit fünf Großteilstücken (Bodenbearbeitungssysteme) und je zwei Kleinteilstücken (Fruchtfolge) angelegt (Tab. 1).

Das Versuchsfeld liegt 153 m über NN und 8 km östlich von Wien in offener und windiger Lage. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt im 50-jährigen Durchschnitt 9,8 °C (Monatsmittel: Maximum im Juli + 20 °C, Minimum im Jänner mit -1,0 °C). Die langjährige mittlere Jahressumme der Niederschläge liegt bei 552 mm. Der Boden des Standortes ist ein Tschernosem der Praterterrasse, der aus kalkhaltigen Feinsedimenten entstanden ist. Der Boden des Standortes weist eine hohe Wasserspeicherfähigkeit und mäßige Durchlässigkeit auf. Die Feldkapazität wird bei 28,4 Volumsprozent, der permanente Welkepunkt bei 14,7 Volumsprozent erreicht.

Die Versuchsanlage hat eine Fläche von 5,94 ha und ist 258 m breit und 230 m lang. Zwei Fruchtfolgen laufen parallel nebeneinander. Fruchtfolge A entspricht der standortüblichen Fruchtfolge mit Zuckerrübe; Fruchtfolge B enthält Körnerleguminosen und Winter-Körnerraps.

Tab. 1: Versuchsfaktoren

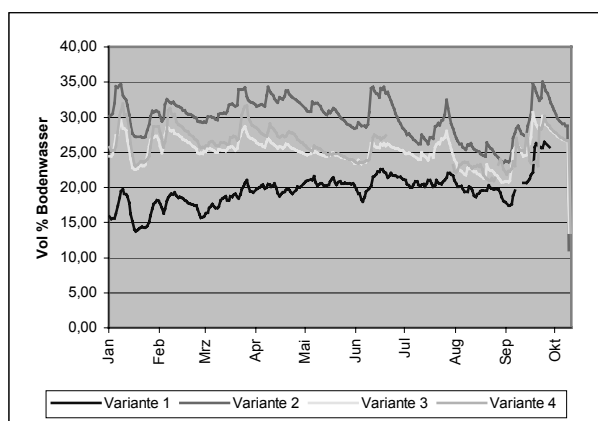
Bearbeitungsvarianten	Fruchtart 2003
1 Konventionelle Bearbeitung – Pflug (Lockerbodenwirtschaft)	A Körnermais B Winterkörnerraps
2 Direktsaat im System (Extreme Festbodenmulchwirtschaft)	
3 Tiefe Grubberbearbeitung (Lockerbodenmulchwirtschaft)	
4 Flache Grubberbearbeitung (Festbodenmulchwirtschaft)	
5 Integriertes Bodenbearbeitungssystem (LIEBHARD 1997)	

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

Ergebnisse und Diskussion

Obwohl der **Grundwasserkörper des Marchfeldes** eine hohe Mächtigkeit aufweist, besteht für die Erhaltung der Wassergüte eine hohe Gefährdung. Während der Vegetationszeit überwiegt die potentielle Verdunstung im Vergleich zu den natürlichen Niederschlägen. Trotz der eher geringen Winterniederschläge stieg der **gravimetrische Bodenwassergehalt** von Oktober bis April an. Durch den Wasserverbrauch der wachsenden Kulturen (Weizen) und vor allem wegen der Sommertrockenheit von Juni bis zu den ersten größeren Niederschlagsmengen im September fielen die Gehaltswerte stark ab (Werte nicht angeführt).

Der Kurvenverlauf im **volumetrischen Bodenwassergehalt** zeigt eine ähnliche Tendenz. Die Variante 2, die Direktsaat, weist über den gesamten Untersuchungs-



zeitraum die höchsten Bodenwassergehaltswerte auf. Aus dem Kurvenverlauf aller Varianten ist eindeutig ersichtlich, je geringer die Bearbeitungsintensität, umso höher der Wassergehalt in der durchwurzelbaren Krume zwischen 10 und 30 cm Bodentiefe (Abb. 1).

Abb. 1: Verlauf des volumetrischen Wassergehaltes in % von 0 bis 30 cm Bodentiefe, Jänner bis Oktober 2003

Die **Kornerträge von Winterweizen** entsprechen in den angeführten Jahren dem Produktionsgebiet. Die Niederschlagsmengen während der kritischen Wachstumsphasen waren jeweils unterdurchschnittlich niedrig. Die angeführten Werte zeigen, dass es in jedem Erntejahr zwischen den Bearbeitungsvarianten signifikante Unterschiede gab, die aber im mehrjährigen Vergleich zu entgegengesetztem Verhalten führten (Tab.2).

Tab. 2: Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf den Kornertrag (14 % H₂O) bei Winterweizen in kg/ha in den Jahren 1998, 2000 und 2002

Bearbeitungsvariante	Jahr			
	1998	2000	2002	Ø 3 jährlich
1 Konventionelle Bearbeitung	4.247 a	4.205 a	4.890 c	4.447
2 Direktsaat im System	4.838 c	4.500 b	4.197 a	4.512
3 Tiefe Grubberbearbeitung	4.597 b	4.283 a	4.702 bc	4.527
4 Flache Grubberbearbeitung	4.398 a	4.383 ab	4.679 b	4.487
5 Integriertes Bodenbearbeitungssystem	4.756 bc	4.564 b	4.921 c	4.747

Durch eine gelenkte Bestandesführung, durch ein einheitlich hohes Stickstoffangebot zu den kritischen Stadien, kann die unterschiedliche Bestandesentwicklung bei Getreide – speziell bei Weizen – ausgeglichen werden (LINK & JASPER 2003).

Literatur

LIEBHARD, P., 1997: Einfluß der Primärbodenbearbeitung auf Ertrag, Ertragsverhalten und ausgewählte Qualitätskriterien von Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L. sp. *vulgaris* var. *Altissima* Doel). Die Bodenkultur 48, 3-14.

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.

Ausgewählte Ergebnisse aus dem europäischen Forschungsprojekt WECOF (Strategies of Weed Control in Organic Farming)

D. Neuhoff* & U. Köpke *

Einleitung

In Deutschland wird auf einer Fläche von etwa 27.000 ha (11.4% der Öko-Ackerfläche) Winterweizen nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaus angebaut (SÖL 2003). Eine effiziente und kostengünstige Unkrautkontrolle ist ein entscheidendes Element für eine rentable Produktion und muß im Ökologischen Landbau durch die zielgerichtete Kombination verschiedener indirekter und direkter Maßnahmen erfolgen (Davies & Welsh 2002). Im Rahmen des von der EU geförderten Forschungsprojektes WECOF (Strategies of Weed Control in Organic Farming, www.wecof.uni-bonn.de) wurden Feldversuche zu sortenspezifischer Konkurrenzkraft, Photobiologie und Allelopathie länderübergreifend z.T. in Spanien, Polen, Schottland und Deutschland durchgeführt. Ziel des Projektes war es, den unkrautreduzierenden Effekt verschiedener Kontrollfaktoren zu quantifizieren und fundierte Aussagen über die optimale Kombination indirekter Kontrollmaßnahmen abzuleiten. Ein computergestütztes Entscheidungshilfesystem zur Unkrautkontrolle in ökologisch angebautem Winterweizen verknüpft die Versuchsergebnisse mit Expertenwissen.

Material und Methoden

Im Kern des Versuchsprogramms standen dreifaktorielle Feldversuche (3 Sorten, 3 Reihenabstände, 2 Drillrichtungen, 4 Wdh.), die in 4 Ländern gemeinsam durchgeführt und ausgewertet wurden. Erfasst wurden Parameter der Bestandes- und Unkrautentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen Unkrautflora. In 'Sortenversuchen' wurden morphologische Parameter von Weizen, die mit der Unkrautunterdrückung in Zusammenhang stehen, einer detaillierten Analyse und Auswertung unterzogen. In 'Dormanzversuchen' wurde der Einfluß der Umweltbedingungen auf die Wirksamkeit der Nachtbodenbearbeitung über drei Jahre systematisch erfasst. Die Nutzung allelopathischer Effekte von Sonnenblumen (*Helianthus annuus*) und Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) wurde sowohl im Labor- als auch im Feldversuch eingehend untersucht (Gawronski 2002). Alle Daten wurden varianzanalytisch ausgewertet und in Hinblick auf die Projektziele bewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die gemeinsame Auswertung der 'Kernversuche' über alle Standorte und Jahre ergab, daß eine sortenmorphologisch bedingt höhere Lichtinterzeption der Winterweizenbestände zu einer signifikanten Abnahme der Unkrautbiomasse ab EC 31 führte. Frühe Jugendentwicklung und hohe Lichtausnutzung als Funktion von BFI, Wuchshöhe und Blatthaltung waren wichtige Sorteneigenschaften, welche eine hohe Unkrautunterdrückung begünstigten. Sorten mit quasi planophiler Blatthaltung wiesen bei gleichem BFI eine höhere Lichtausnutzung auf als erektophile Wuchstypen und belegen die besondere Bedeutung dieser Sorteneigenschaft für Produktionssysteme mit limitierter Stickstoffzufuhr. Die sortenspezifische Konkurrenzkraft stand in enger Interaktion mit der vorherrschenden standortspezifischen Unkrautflora. Vergleichsweise konkurrenzschwache Unkräuter wie Kamille (*Matricaria ssp.*), Windhalm (*Apera spica - venti*) oder Klatschmohn (*Papaver rhoeas*) wurden durch konkurrenzstarke

* Inst. für Organischen Landbau, Uni Bonn, Katzenburgweg 3, D-53115 Bonn, d.neuhoff@uni-bonn.de

i.d.R. hochwachsende Sorten deutlich unterdrückt, während das Wachstum kompetitiver Spreizklimmer wie *Klettenlabkraut (Galium aparine)* oder Rauhaarige Wicke (*Vicia hirsuta*) nicht beeinflusst wurde (Drews et al. 2004). Aus den Sortenversuchen abgeleitete züchtungsrelevante Eigenschaften zur Erhöhung der Unkrautkonkurrenzskraft werden derzeit vom schottischen Projektpartner (Scottish Agricultural College) in einem Merkblatt für Züchter zusammengefaßt. Intensive Langzeitversuche zur Nachtbodenbearbeitung ergaben, daß dieser Ansatz angesichts mangelnder Reproduzierbarkeit aus praktischer Sicht i.d.R nicht zu empfehlen ist. Eine systematische Analyse der Umweltbedingungen ergab, daß ausbleibender bzw. geringer Niederschlag ebenso wie hohe Bodentemperaturen während der Versuchsdurchführung einen negativen Effekt auf die potentielle Wirksamkeit der Nachtbodenbearbeitung ausübten (Juroszek et al. 2004). Untersuchungen zur Nutzung des allelopathischen Potentials von Sonnenblumen und Buchweizen an der Warsaw Agricultural University ergaben, daß beide Arten ein bedeutendes Potential zur natürlichen Unkrautkontrolle besitzen. In Laborversuchen wurde die Keimfähigkeit von Gelbsenf (*Sinapis album*) und anderer Samenunkräuter in Gegenwart von wässrigen Extrakten aus Sonnenblumenblättern (bis 10% m/v) sorten- und konzentrationsabhängig bis zu 90% reduziert. Die Effekte beruhen auf physiologischen Prozessen, die im Zusammenhang mit dem Wasserhaushalt und der Atmung der Keimlinge stehen (Gawronska et al. 2002). In Feldversuchen wurden unkrautreduzierende Effekte von Sonnenblumenmulch in nachfolgendem Winterweizen festgestellt. Gleichzeitig wurde jedoch die Bestandesdichte und Ertrag des Winterweizens durch Mulch deutlich reduziert. Dieser Sachverhalt ist vermutlich auf Interaktionen zwischen den physiologischen Effekten der Extrakte, der mulchbedingt temporären Stickstoffimmobilisierung sowie ungünstigen Witterungsbedingungen zurückzuführen. Die Ergebnisse der Versuche wurden in ein computergestütztes Entscheidungshilfesystem integriert, in welchem der Nutzer nach Eingabe seiner standortspezifischen Daten zu Anbautechnik und Unkrautvorkommen eine Reihe von Empfehlungen erhält. Diese umfassen u.a. Aspekte der Sortenwahl, des Nährstoffmanagements und der mechanischen Unkrautkontrolle und werden durch zahlreiche Hintergrundinformationen ergänzt (Neuhoff et al. 2004).

Literatur

- Davies D. H. K & J. P. Welsh (2002): Weed control in Organic cereals and Pulses. In Organic Cereals and Pulses. (Eds. Younie, Taylor, Welsh & Wilkinson). Chalcombe Publications, Lincoln.
- Drews, S., P. Juroszek, D. Neuhoff & U. Köpke (2004): Optimierung der Beschattungsfähigkeit von Winterweizen als Unkrautkontrollmaßnahme. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft XIX, 545-554.
- Gawronska, H., W. Bernat, M. Ciurzynska & S.W. Gawronski (2002): Photosynthesis and water status of mustard plants as influenced by sunflower allelopathics. Third World Congress on Allelopathy, 26-30 August, 2002, Tsukuba, Japan, Sato Printing Co., LTD, Tsukuba, Japan, 65.
- Gawronski, S. W. (2003): Allelopathy as a strategy for weed control in organic farming. *Acta Physiol. Plantarum*, **25**, 3, supplement p. 25.
- Juroszek, P., S. Drews, D. Neuhoff & U. Köpke (2004): Einfluß verschiedener Umweltbedingungen auf die Wirksamkeit der Nachtbodenbearbeitung gegen Unkräuter. Mitt. Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 16, im Druck.
- Neuhoff, D., Schulz, D. G. & U. Köpke (2004): Application of a Decision Support System (DSS WECOF) for weed management in organic winter wheat production. Tagungsband XII^{eme} colloque international sur la biologie des mauvaises herbes, Dijon - 31 août - 2 septembre 2004, im Druck.
- SÖL, 2003: Jahrbuch Ökolandbau 2003. Hrsg. Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim.

Fruchtfolgesysteme im Ökolandbau mit und ohne Tierhaltung Erträge und N-Haushalt

H. Schmidt* & G. Leithold**

Einleitung

Die N-Versorgung von Fruchtfolgen im Ökolandbau basiert im Wesentlichen auf der Luftstickstoffbindung durch Leguminosen und den, bei der Tierhaltung anfallenden Wirtschaftsdüngern. Der Ackerfutterbau mit feinsamigen Leguminosen ist aufgrund seines hohen N-Bindungs-Potenzials ein wesentliches Element klassischer ökologischer Anbausysteme. Die Ersetzbarkeit dieses Futterbaus durch andere Fruchtfolgefelder, z.B. Grünbrache oder Körnerleguminosen, bei viehloser Bewirtschaftung wird kontrovers diskutiert. Die Problematik gewinnt an Bedeutung, da die Anzahl viehlos wirtschaftender Öko-Betriebe im Ansteigen begriffen ist.

In einem Langzeitversuch werden an der Universität Gießen sechsfeldrige ökologische Fruchtfolgesysteme mit und ohne Tierhaltung untersucht. Neben den Fruchtfolgen werden auch verschiedene Formen der Grundbodenbearbeitung geprüft. Berichtet wird über Fruchtfolgeeffekte im Zeitraum der ersten Rotation (1998-2003).

Material und Methoden

Im Frühjahr 1998 wurde auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb für Ökologischen Landbau, Gladbacherhof, ein Feldversuch (Spaltanlage) mit dem Hauptfaktor Fruchtfolge (Tab. 1) und dem Unterfaktor Bodenbearbeitung in vierfacher Wiederholung angelegt. Die Ackerzahl der Parabraunerde auf Löss (sL-L) der Versuchsfläche liegt bei 66. Die Laufzeit des Versuchs beträgt zunächst zwölf Jahre.

Tab. 1: Erste Rotation der untersuchten sechsfeldrigen Fruchtfolgen, 1998 bis 2003

Jahr	a ₁ (viehhaltend)	a ₂ (viehlos)	a ₃ (viehlos)
1998	Luzernegras	Wechselweizen US1	Wechselweizen ZF
1999	Luzernegras	Luzernegras-Grünbrache	Ackerbohnen US2
2000	Winterweizen ZF	Winterweizen ZF	Winterweizen ZF
2001	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln
2002	Hafer-Erbsen-GPS US3	Erbsen	Erbsen
2003	Winterroggen US1	Winterroggen ZF	Winterroggen ZF

US1: Luzerne-Klee-Gras-Untersaat; US2: Grasuntersaat; US3 Klee-Untersaat;
ZF: Zwischenfruchtgemenge mit Leguminosen; GPS: Ganzpflanzensilage

In Fruchtfolge a₁ erfolgte eine Düngung mit Rinderdung: Stallmist-N-Menge nach Winterweizen 154 kg/ha und nach Erbsen-Hafer-Gemenge 54 kg/ha. Für den vorliegenden Beitrag wurden die Parameter N-Menge im Spross und Ertragsparameter der Kulturpflanzen, jährliche Frühjahrs- und Herbstwerte für N_{min} im Boden sowie jährliche Frühjahrswerte für N_t im Boden ausgewählt. Zur Berechnung der N-Flächenbilanz wurde die Höhe der legumen N₂-Bindung geschätzt (SCHMIDT & LEITHOLD, 2002). Zwischen den Prüffaktoren Fruchtfolge und Bodenbearbeitung bestanden keine relevanten Wechselbeziehungen.

* Stiftung Ökologie & Landbau, Proj. MPÖ, Himmelsburger Str. 95, 53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler

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

Ergebnisse und Diskussion

Die Ertragsergebnisse der in allen Fruchtfolgen identischen Marktfrüchte Winterweizen, Kartoffeln und Winterroggen zeigen, dass in viehlosen Anbausystemen mit einjähriger Grünbrache (a_2) ein ähnliches Ertragsniveau erzielbar ist wie im System a_1 mit zweijährigem Futterbau und Mistdüngung (Abb. 1A). Der Ersatz des Futterbaus durch Ackerbohnen (a_3) bewirkte signifikante Mindererträge. Die Unterschiede im N-Entzug (Abb. 1A) und die N_{\min} -Werte im Frühjahr vor den genannten Kulturen (Abb. 1B) weisen auf N als wesentlichen Faktor der Ertragsdifferenzierung hin.

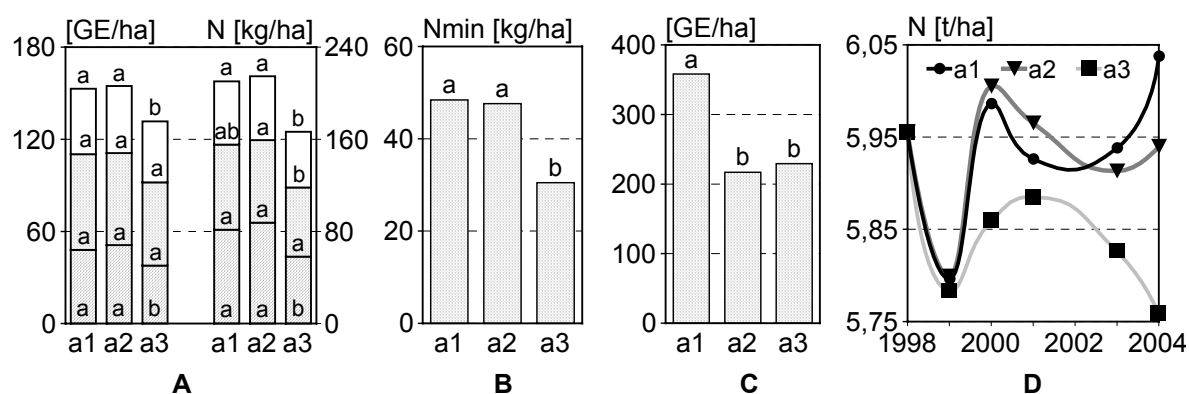


Abb. 1: A: Erträge in Getreideeinheiten (GE) und N-Entzüge; unten: Weizen 2000; Mitte: Kartoffeln 2001; oben: Roggen 2003. B: Mittel der N_{\min} -Werte (0-90 cm) von März 2000, 2001 und 2003. C: Summe aller Erträge 1998 bis 2003 (GE). D: N_t im Boden (0-30 cm) von März 1998 bis März 2004. (Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; LSD-Test: $p \leq 0,05$)

Über den gesamten Fruchtfolgezeitraum erbrachte a_1 inkl. Futterproduktion die höchste Ertragsleistung in Getreideeinheiten (Abb. 1C). In a_2 lag diese aufgrund des ertragslosen Grünbrachejahrs deutlich darunter. In a_3 führte die im Vergleich zum Futterbau, geringere Ertragsleistung der Ackerbohnen sowie das insgesamt niedrigere Ertragsniveau zu der geringeren Gesamtleistung gegenüber a_1 .

Die N-Bilanz zeigt ein N-Defizit in der Fruchtfolge a_3 , während a_1 und a_2 positive Bilanzsalden aufweisen (Tab. 2). Auch die jährlich gemessenen N_t -Gehalte im Boden weisen in a_3 im Gegensatz zu a_1 und a_2 auf einen Abbau des N-Bodenvorrates hin (Abb. 1D, bisher nicht signifikant).

Tab. 2: N-Bilanz von 1998 bis 2003 (kg N/ha)

Fruchtf.	N-Export	fixierter Leg.-N im N-Export	N-Zufuhr mit EWR ¹	N-Zufuhr mit ZF & US ²	N-Zufuhr mit Mist	Bilanzsaldo
a_1	1035 a	495	350	115	210	135
a_2	315 c	25	240	70	0	20
a_3	430 b	145	70	80	0	-135

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; LSD-Test: $p \leq 0,05$;

kursiv: auf Basis gemessener Spross-N-Daten geschätzt; 1: Ernte- und Wurzelrückstände von Futter- und Körnerleguminosen sowie der Grünbrache; 2: Zwischenfrüchte & Untersaaten

Aufgrund der Zunahme des Unkrautdrucks in a_3 (nicht dargestellt) ist in a_3 langfristig mit weiteren Beeinträchtigungen des Ertragspotenzials zu rechnen.

Literatur

Schmidt, H. & Leithold, G., 2002: Einfluss verschiedener Leguminosenvorfrüchte auf N-Versorgung und Ertragsbildung von Winterweizen im Ökologischen Landbau. Mitt. Pflanzenbauwiss., 14, 38-39.

Untersuchungen zur mechanischen Unkrautregulierung im ökologischen Zuckerrübenanbau

Daniel Wolff & Gerhard Einhorn*

Einleitung

In Zuckerrüben hängt die Wirtschaftlichkeit des Anbaus maßgeblich von einer erfolgreichen Unkrautregulierung ab, da die Zuckerrübe aufgrund ihrer langsamen Jugendentwicklung auf Unkrautkonkurrenz besonders empfindlich reagiert. Dem in Deutschland noch wenig verbreiteten Anbau von ökologischen Zuckerrüben stehen zur direkten Unkrautregulierung lediglich nicht-chemische Verfahren zur Verfügung. Der Umfang des Einsatzes der arbeitswirtschaftlich aufwendigen Handhacke wird dabei über die Wirtschaftlichkeit des Anbaus mitentscheiden.

Material und Methoden

Im Rahmen einer Bachelor-Arbeit wurde in einem Praxisversuch im Jahr 2003 auf einem ökologisch wirtschaftenden Betrieb in Südost-Niedersachsen die Wirkung unterschiedlicher Intensitätsstufen der eingesetzten mechanischen Verfahren [Scharhacke (MH), Handhacke (HH)] auf Verunkrautung, Ertrag und Qualität von Zuckerrüben untersucht (randomisierte Blockanlage, 5 Wiederh.; Ut 3, Niederschlag 570 mm, 8,9 °C). Die Intensität des Prüffaktors „mechanische Unkrautregulierung“ wurde wie folgt variiert:

Varianten	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	
Intensität	unbehandelt	1x MH	2x MH	1x MH (spät)	1x HH	2x MH 1x HH	2x MH 2x HH	unkrautfrei

Auf der Grundlage von Unkrautbonituren (Anzahl, Arten) vor und nach jeder Behandlung wurden die Wirkungsgrade berechnet. Zur Ernte (BBCH 49) wurden Unkrautdeckungsgrad (UDG), Unkrauttrockenmasse (UTM), Rübenfrischmasseertrag (RE) und die Qualität [Zuckergehalt (ZE), Standardmelasseverlust (SMV)] ermittelt, außerdem Zeitaufwand und Kosten des MH- und HH-Einsatzes erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Der zweimalige MH-Einsatz erzielte im Zwischenreihenbereich einen Wirkungsgrad von 89 % (erste MH 56 % und zweite MH 78 %). Er wurde durch den z.T. zu großen Abstand der Hackwerkzeuge zur Rübenreihe beeinträchtigt. Bei optimaler Arbeitstiefe wurden auch größere Unkräuter und Wurzelunkräuter sicher bekämpft. Der Arbeitsaufwand für die HH belief sich auf 176 AKh ha⁻¹ (erste HH 100 AKh ha⁻¹, zweite HH 76 AKh ha⁻¹), woraus sich arbeitswirtschaftliche Kosten von 970 € ha⁻¹ errechneten, die etwa 60 % der variablen Kosten des Produktionsverfahrens ausmachten. Arbeitsaufwand und variable Kosten der MH fielen dagegen kaum ins Gewicht. Die UTM wurde gegenüber „Unbehandelt“ durch die stufenweise Steigerung der Behandlungsintensität kontinuierlich und signifikant reduziert (Tab. 1). Der einmalige bzw. zweimalige zusätzliche Einsatz der HH erzielte gegenüber den Varianten mit nur maschineller Behandlung eine weitere deutliche Reduzierung des Unkrautbesatzes um 82-97 %. Zwischen den HH-Varianten fielen die Unterschiede

* Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

vergleichsweise gering und in keinem Fall signifikant aus. Der eingetretene RE-Verlust ohne Unkrautregulierung betrug im Mittel signifikante 65 %. Erst der zusätzliche Einsatz der HH erbrachte im Vergleich mit der nur maschinellen Pflege eine deutliche Reduzierung der RE-Verluste auf 13 %. Auffallend war, dass der zusätzliche Einsatz der späten zweiten HH (a6) gegenüber einmaliger früher manueller Pflege (a5) keine weitere Reduzierung der RE-Verluste brachte. Zuckergehalt (ZG) und Rübenqualität (SMV) reagierten kaum und ohne erkennbare Tendenz in den einzelnen Varianten. Der Einfluss der Verunkrautung auf den RE zu BBCH 49 wurde mit einer linearen Regression beschrieben: Für die Beziehung UDG-RE ergab sich ein Ertragsverlust von 10,7 dt ha⁻¹ pro Prozent UDG ($r^2 = 0,77$), für die Beziehung UTM-RE ein Ertragsverlust von 1,2 dt ha⁻¹ pro g UTM m⁻² ($r^2 = 0,65$).

Tab. 1: Einfluss der Regulierungsintensität auf Unkrauttrockenmasse, Rübenenertrag und Qualität von Zuckerrüben (relativ; 100 % = unbehandelt bzw. unkrautfrei)

Varianten	UTM		RE		ZG		SMV	
unkrautfrei	0		100	a	100	a	100	ab
unbehandelt	100	a	35	d	102	a	89	b
1x MH	44	b	55	cd	100	a	91	b
2x MH	28	bc	68	bc	101	a	95	ab
1x MH (spät) 1x HH	5	c	80	abc	100	a	98	ab
2x MH 1x HH	2	c	87	ab	98	a	96	ab
2x MH 2x HH	1	c	87	ab	99	a	113	a
GD Tukey-Test, $\alpha = 5\%$	29		27		6		21	
100 =	438,7 g m ⁻²		942,0 dt ha ⁻¹		18,9%		1,26%	

Die Ergebnisse zeigen, dass erst der Einsatz der HH zur Regulierung der maschinell nicht bekämpfbaren Unkräuter im Reihensbereich zu einer deutlichen Reduzierung unkrautbedingter Ertragsverluste führte. Dennoch hätten durch einen früheren Einsatz der ersten HH (vor BBCH 18) frühe Ertragsverluste noch stärker begrenzt werden können. Weiterhin wird deutlich, dass die Zuckerrübe ab einem bestimmten Stadium (hier ab BBCH 18-20) neu auflaufende Unkräuter ohne Ertragseinbußen tolerieren kann und auf den Einsatz der späten zweiten HH (zu BBCH 39) hätte verzichtet werden können. Allerdings wurde die Entwicklung der Spätverunkrautung im Anbaujahr 2003 maßgeblich durch die starke Trockenheit beeinträchtigt. Da die manuelle Pflege im ökologischen Zuckerrübenanbau den Hauptkostenpunkt darstellt, ist deren Reduzierung ein wichtiges Ziel (Kolbe & Petzold 1999). Dazu beitragen könnte - neben der Reduzierung des Abstandes zur Rübenreihe durch den Einsatz moderner, sensorgesteuerter Hacktechnik – auch ein effizienterer Einsatz der späten zweiten HH nach einer wirtschaftlichen Schadensschwelle, die schlagspezifisch zu ermitteln wäre.

Dem Betrieb Kiene und Herrn F. Hesse (Nordzucker AG) sei für die Unterstützung der Arbeit gedankt.

Literatur

Petzold, W. und H. Kolbe 1998: Zuckerrüben im Ökologischen Landbau. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 9: 34-57.

Screening einjähriger Leguminosenarten für Lebendmulchsysteme

Jörg-Peter Baresel, Hans-Jürgen Reents & Werner Schenkel*

Einleitung

Sogenannte *Lebendmulchsysteme*, bei denen eine Hauptkultur gleichzeitig mit Bodenbedeckern, meistens Leguminosen, angebaut werden (zumindest über einen Teil der Vegetationsperiode), haben potentiell viele Vorteile: Sie können als Nährstoffpuffer wirken und damit die N-Versorgung verbessern sowie den N-Gewinn erhöhen, zur Unkrautkontrolle beitragen, den Krankheitsdruck vermindern, die Erosion verringern und sich durch Erhöhung des Biomassepools positiv auf das Bodenleben auswirken (s. Feil, 2001). Den Vorteilen steht die Konkurrenzwirkung der Bodenbedecker auf die Hauptfrucht entgegen, die die Erträge der Hauptkultur einschränkt. Das gilt besonders für mehrjährige Leguminosen wie dem Weißklee, mit dem Versuche, derartige Anbausysteme zu realisieren, in Deutschland meistens durchgeführt wurden. Einjährige Leguminosen mit niedrigem Wuchs und kurzem, determiniertem Vegetationszyklus, wie Erdklee oder einjährige *Medicago*-Arten sind prinzipiell besser geeignet, aber nicht hinreichend an mittel- und nordeuropäische Klimabedingungen angepasst, da ihre Heimat der Mittelmeerraum ist (Brandsaeter, 2000). Ziel der in diesem Beitrag beschriebenen Untersuchungen war es, Arten bzw. Genotypen zu identifizieren, die hinsichtlich ihrer morpho- und physiologischen Eigenschaften zur Entwicklung von Lebendmulchsystemen geeignet und gleichzeitig an deutsche Klimatische Bedingungen angepasst sind.

Material und Methoden

Hierzu wurden 450 Akzessionen von 50 Arten untersucht, von denen z. T. noch keine Erfahrungen im Anbau vorlagen. Dabei handelte es sich zum größten Teil um Wildpopulationen, zum geringeren Teil auch um Zuchtsorten oder –stämme. Die wichtigsten Gattungen waren *Medicago* (19 Arten, 88 Akzessionen) und *Trifolium* (17 Arten, 162 Akzessionen). Ein Teil des Materials wurde von Genbanken bezogen, ein Teil im Appennin und auf Sardinien selbst gesammelt. Das Material wurde zunächst im Gewächshaus angezogen, identifiziert und weitervermehrt. In den Jahren 2002 und 2003 folgte eine Phase der Beobachtung als Einzelpflanzen und in Kleinparzellen, wobei die morphologischen Eigenschaften (Bodenbedeckung, Wuchshöhe) die Konkurrenzfähigkeit, die Biomasseentwicklung, Stickstoffaufnahme, die Dauer des Entwicklungszyklus, Frosthärte und Vernalisationsbedürfnis im Vordergrund standen. Zusätzlich wurden unter kontrollierten Bedingungen Prüfungen auf Frosttoleranz und Hartschaligkeit der Samen durchgeführt. Daneben wurden die Möglichkeiten der Samenproduktion untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Eine Bilanz des Screenings ist in Tabelle 1 dargestellt. Detaillierte Informationen sind unter der Adresse <http://www.wzw.tum.de/oekolandbau> im Internet abrufbar. Einige besonders interessante Arten sind in Tab. 2 aufgeführt, von denen alle bis auf *T. campestre* infolge ihrer raschen Jugendentwicklung früher geschlossene Bestände bildeten als die Vergleichsarten Weißklee und Rotklee.

* LS für Ökologischen Landbau, TUM-Weihenstephan 85350 Freising, baresel@wzw.tum.de

Tab. 1: Zusammenfassung der Ergebnisse des Screenings

	Arten	Akzessionen
Insgesamt	57	427
Morphologische Eigenschaften entsprechen Anforderungen	20	251
Hinreichende Winterfestigkeit	24	136
Entwicklungszyklus entspricht Anforderungen	23	271
Saatgutproduktion in Deutschland erscheint möglich	12	23
Potentiell geeignet (Schnittmenge)	10	98
Ungeeignet	47	329

Ebenfalls im Vergleich zu diesen Arten erfolgte ihre Abreife 2-3 Wochen früher und ihr Vegetationszyklus erwies sich stärker determiniert. Damit ist zu erwarten, dass sie sich besser für den Einsatz in Lebendmulchsystemen eignen. Als hinreichend winterhart erschienen *M. minima*, *M. orbicularis*, und *T. campestre*. Die Konkurrenzfähigkeit war bei *M. truncatula* sehr hoch; sie kann aber wegen ihrer geringen Frosthärte nicht als überwinternder Bodenbedecker eingesetzt werden. *T. subterraneum* und *M. minima* lassen die beste Balance zwischen (erwünschter) Unkrautunterdrückung und (unerwünschter) Unterdrückung der Hauptkultur erwarten. Bei *T. campestre* war die Anfangs-entwicklung am langsamsten und die Konkurrenzfähigkeit am geringsten.

M. orbicularis war in 2003 durch schnelle und niedrigen Wuchs vielversprechend, erwies sich bei feucht-kühler Witterung als sehr schnellwüchsig und konkurrenzstark. *M. polymorpha* ist wegen ihrer frühen Entwicklung von Interesse, aber nicht genügend winterhart; eine Selektion winterharter Zuchtstämme aus Gebirgspopulationen wird derzeit versucht. Unter den mehr als 20 Zuchtsorten und -stämmen des *Erdklees* gab es dagegen einige, deren Überwinterungsrate zufriedenstellend war; auch bei dieser, sehr variablen Art wäre aber eine Züchtung für adaptierter Sorten für diesen speziellen Zweck sinnvoll. Eine *Saatgutproduktion* in Deutschland ist vor allem bei *M. orbicularis* und *M. minima*, u. U. auch bei *T. campestre* aussichtsreich, bei den anderen Arten müsste sie gegebenenfalls im Ausland erfolgen. Es ist zu erwarten, dass der Einsatz dieser Leguminosen die Effizienz von Lebendmulchsystemen verbessern und möglicherweise einen breiteren Einsatz in der Praxis erst ermöglichen wird. Versuche zur Verbesserung von Lebendmulchsystemen mit Hilfe dieser Arten werden an diesem Lehrstuhl zurzeit durchgeführt.

Tab. 2: Pflanzenbauliche Eigenschaften einiger wichtiger Arten

	Biomasse, N-Bindung	Konkurrenz- Fähigkeit	Winter- festigkeit	Samen- produktion	Samen- Ernte	Hartsch. Samen
<i>M. truncatula</i>	+++	+++	+-	---	-	-
<i>M. polymorpha</i> L.	++	+	-	-	-	+
<i>M. minima</i> L.	++	++	+++	+++	++	--
<i>M. orbicularis</i> L.	+++	+++	+++	+++	++	--
<i>T. subterraneum</i> L.	++	++	+-	-	-	++
<i>T. campestre</i> L.	+	-	++	+	+	--

Literatur

- Feil, B. 2001: Pflanzenproduktion in lebenden Mulchen: Eine Übersicht. Pflanzenbauwissenschaften 5 (1): 15-23
- Brandsaeter L.O.; T. Smeby; A. M. Tronsmo und J. Netland 2000: Winter annual legumes for use as cover crops in northern regions: II. Frost resistance study. Crop science 40 (1): 175-181.

Ergebnisse aus langjährigen Untersuchungen zur bodenbiologischen Aktivität auf sandigen Böden

Frank Ellmer & Timo Kautz*

Einleitung

Die biologische Aktivität der Böden ist eine primäre Grundlage für ihre Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit. Auf wenig fruchtbaren sandigen Standorten unterliegt sie einerseits einem stärkeren Einfluss durch Bewirtschaftungsmaßnahmen und wirkt andererseits auch stärker als auf besseren Böden auf die Ertrags- und Qualitätsbildung im Pflanzenbau zurück. Ziel war deshalb, den Einfluss von Fruchtfolgen, Bodenbearbeitung, organischer und mineralischer N-Düngung zu quantifizieren und die Beziehungen im System Boden-Pflanze kausalanalytisch näher aufzuklären.

Material und Methoden

Zwischen 1994 und 2003 sind in Dauerfeldversuchen auf schluffigem Sandboden an den Standorten Blumberg (Kreis Barnim/Brandenburg) und Berlin-Dahlem Untersuchungen zur bodenbiologischen Aktivität durchgeführt worden. Dabei wurden folgende Parameter bestimmt: Abundanz, Artenanzahl und Alter von Regenwürmern; Abundanz und Arten von Bodenmikroarthropoden (Collembolen, Milben), mikrobielle Biomasse, Phospholipid-Fettsäure-Konzentration, Dehydrogenaseaktivität, Cellulaseaktivität (Krück 1998, Kautz 2004).

Ergebnisse und Diskussion

1) Fruchtfolge und Bodenbearbeitung vs. Regenwurmaktivität

Die Regenwurmabundanz und die Biomasse standen auf schluffigem Sandboden unter starkem Einfluss der Vorfrucht. Im dreijährigen Mittel wurden nach Klee-grasgrünbrache unter Winterweizen 7,5mal mehr Tiere bestimmt als nach Kartoffeln. Die Biomassen unterschieden sich mit dem Faktor 6,6. Konservierende Bodenbearbeitung hatte nur bei höherem Regenwurmbesatz einen tendenziell positiven Effekt (Tab. 1).

Tab. 1: Einfluss von Vorfrucht und Bodenbearbeitung auf Abundanz (Tiere m⁻²) und Biomasse (g m⁻²) von Regenwürmern unter Winterweizen (Mittel der Jahre 1994 bis 1996)

Vorfrüchte	Bodenbearbeitung			
	konventionell		konservierend	
	Abundanz	Biomasse	Abundanz	Biomasse
Klee-gras-Grünbrache	92	36,3	110	42,1
Klee-gras-Futternutzung	69	29,5	77	33,0
Silomais	53	16,3	38	13,9
Kartoffeln	12	5,5	15	5,3

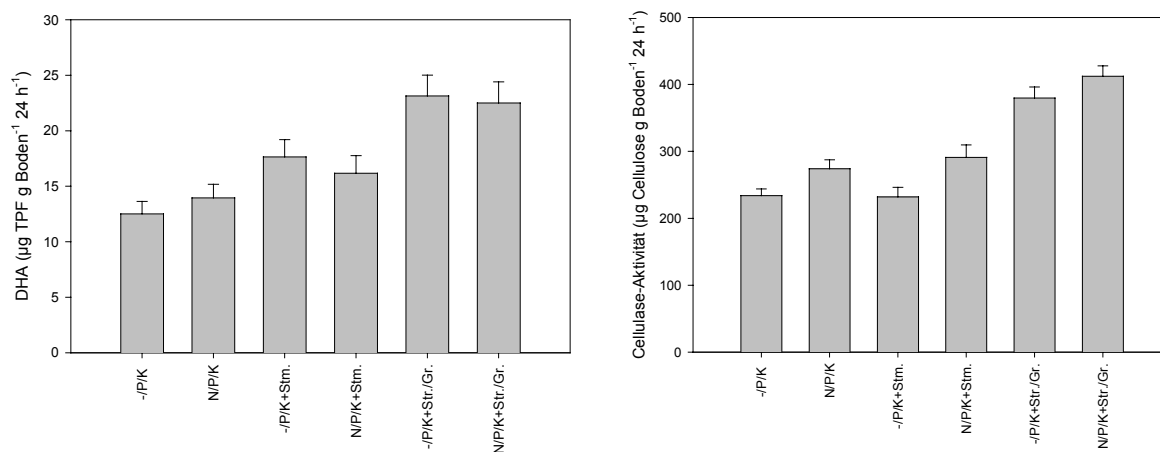
Hohe Regenwurmaktivität ging bei Winterweizen einher mit größeren Blattflächenindices, höheren Erträgen und besserer Backqualität.

* Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, A.-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; e-mail: frank.ellmer@agrar.hu-berlin.de

2) Organische und mineralische N-Düngung vs. Bodenmikroarthropoden und mikrobielle Aktivität

Die Abundanz von Bodenmikroarthropoden war primär von der organischen Düngung beeinflusst. Ohne organische Düngung wurden im Mittel von vier Untersuchungsterminen zwischen 250 und 600 Individuen m⁻² bestimmt. Stallmistdüngung mit 30 t ha⁻¹ erbrachte keine Veränderungen der Abundanz. Deutlich positiv reagierten die Populationen hingegen auf jährlich verabreichte organische Düngung in Form von Stroh, Grün- bzw. Blattdüngung.

Die mikrobielle Biomasse sowie die Dehydrogenase- und Cellulase-Aktivität unterlagen einer ähnlichen Abstufung wie die zootische Aktivität. Jährliche organische Düngung diverser organischer Primärschubstanz erbrachte teilweise signifikant höhere Werte als temporäre Stallmistdüngung. Die mineralische N-Düngung führte darüber hinaus aufgrund des Anfalls größerer Mengen stickstoffreicher Pflanzenrückstände ebenfalls zu teilweiser Verbesserung der gemessenen Parameter (Abb. 1).



-P/K=Ohne organische Düngung, ohne Mineral-N; N/P/K=ohne organische Düngung+120 kg ha⁻¹ Mineral-N; Stm=Stallmist (30 t ha⁻¹ jedes 3. Jahr); Str/Gr=Blatt-, Stroh- und Gründüngung jährlich

Abb. 1: Einfluss von organischer und mineralischer N-Düngung auf die Dehydrogenase- und Cellulaseaktivität (Mittel 2001–2003). Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler.

Aus den Ergebnissen wird abgeleitet, dass auf sandigen Standorten das Potenzial für gute bodenbiologische Aktivität gegeben ist. Durch den Anbau von Leguminosen, insbesondere zur Gründüngung, kann sie überdurchschnittlich gesteigert werden. Regelmäßige Versorgung mit leicht abbaubarer organischer Primärschubstanz in kurzen Zeitabständen fördert das Edaphon mehr als temporäre Stallmistdüngung in mehrjährigem Abstand.

Literatur

Krück, St.: Einfluß der Nutzung auf Bodenfruchtbarkeitsparameter, Humushaushalt und Regenwurmaktivität, und deren Beziehung zur Ertragsfähigkeit sandiger Böden in Brandenburg.- Shaker Verlag Aachen, 1999, 154 S.

Kautz, T.: Bodenökologische Wirkungen differenzierter organisch-mineralischer Düngung an verschiedenen Standorten.- Cuvillier Verlag Göttingen, 2004, 134 S.

Feldversuche zur Kennzeichnung der Biomasseerträge verschiedener Maissorten

Gaudchau, M¹., Th. Luthardt-Behle² & B. Honermeier¹

Einleitung

Im Rahmen der Etablierung eines Energiepflanzenanbaus werden insbesondere dem Mais gute Chancen für eine hohe und effiziente Biomasseproduktion eingeräumt. Dies beruht einerseits auf dem hohen Massenwachstum dieser C4-Pflanze, andererseits existiert aus dem Silomaisanbau eine gut entwickelte Produktionstechnik. Darüber hinaus wird durch die Konservierung als Silage eine dauerhafte Bereitstellung gärfähigen Materials abgesichert. Dies ist für die kontinuierliche Energiegewinnung im landwirtschaftlichen Betrieb von ausschlaggebender Bedeutung.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 2003 an zwei klimatisch unterschiedlichen Standorten (Groß-Gerau/Gießen) durchgeführt. Zum Einsatz kamen 4 sog. Biomasse-Maissorten („Gavott“ S 250, „Vic“ ca. S 400, „Mikado“ ca. S 500, „Doge“ ca. S 700, Sorten der Fa. KWS), die als einfaktorielle Blockanlage (4-fache WH) Ende April ausgesät wurden und ab der 3. Augustdekade (DC 73, frühe Milchreife) in zweiwöchigen Intervallen bis Anfang Oktober (DC 87, physiologische Reife) zu vier Ernteterminen als Silomais geerntet wurden. Anschließend erfolgte die TS-Bestimmung der Gesamt-Pflanzenmasse und die Analyse der wertgebenden Inhaltsstoffe mittels NIRS. Darüber hinaus wurden an zwei deutlich differierenden Wuchstypen („Gavott“ und „Doge“) mit Hilfe eines Faulversuches (Batch-Versuch) die Energieausbeute hinsichtlich potentieller Biogas-Gewinnung im mesophilen Temperaturbereich gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Maßgeblich für die Produktion von Biogas sind sowohl die Höhe der insgesamt produzierten Biomasse wie auch die Konzentration wertgebender Inhaltsstoffe (Oechner et al. 2003, Amon et al. 2004). Hinsichtlich der gesamten Biomasse-Produktion geht aus Tab. 1 hervor, dass die frühreife Sorte „Gavott“ zum frühen Erntezeitpunkt die rel. höchste TM-Zunahme aufweist. Mit zunehmender Entwicklungsdauer verschiebt sich das Produktionsmaximum kontinuierlich zu den spätreifen Sorten, wobei die Sorte „Doge“ zum letzten Erntetermin den absolut höchsten Ertrag realisiert. Hinsichtlich der Trockenmassebildung wie auch im Rohproteingehalt gibt es bei allen Sorten und Ernteterminen keine wesentlichen Unterschiede.

Tab. 1 : Biomasse-Erträge (dt/ha TM) der 4 Maissorten, Gießen 2003

	1. Termin	2. Termin	3. Termin	4. Termin
Gavott	157,6	187,0	157,6	167,6
Vic	139,3	181,9	158,0	158,4
Mikado	135,6	168,2	182,2	204,4
Doge	141,0	180,1	182,0	208,7
Mittel	143,3	179,3	170,0	184,7

¹ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, JLU Gießen, Ludwigstr. 23, D-35390 Gießen

² Labor für anaerobe Verfahrenstechnik, Fachhochschule Gießen, Wiesenstr. 14, D-35390 Gießen

Allerdings zeigen sich deutliche Differenzierungen bei den Stärke- und Rohfasergehalten (vgl. Tab. 2) in Abhängigkeit von Sorte und Erntetermin. Die vergleichsweise frühreifen Sorten „Gavott“ und „Vic“ weisen durchgehend höhere Stärkegehalte im Vergleich zu den spätreifen „Mikado“ und „Doge“ auf, während es sich bei den Rohfasergehalten umgekehrt verhält.

Tab. 2: Qualitätsmerkmale der Maissorten in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt, Gießen 2003 (RF = Rohfaser)

in %	Stärke 1.Term.	Stärke 2.Term.	Stärke 3.Term.	Stärke 4.Term.	RF 1.Term.	RF 2.Term.	RF 3.Term.	RF 4.Term.
Gavott	25,7	28,6	32,5	33,6	25,0	21,1	23,7	21,2
Vic	19,1	23,8	24,3	36,3	27,9	26,2	24,6	20,8
Mikado	5,2	4,6	11,5	20,0	31,7	27,8	24,8	26,1
Doge	3,9	5,2	8,0	17,3	34,4	29,0	26,6	28,2
Mittel	13,5	16,5	18,1	26,8	29,7	26,0	25,5	24,1

Zur Klärung der Energiegewinnung wurde in einem Batch-Versuch mit den am stärksten differierenden Sorten „Gavott“ und „Doge“ vom 4. Erntetermin die Methanogas-Bildung analysiert. Während sich die Methankonzentration der Maissilagen beider Sorten kaum unterscheidet („Gavott“ 59,0 %, „Doge“ 60,4 %) zeigen sich beim Methanertrag (l/kg o.TS bzw. m³/ha) sehr deutliche Unterschiede (Tab. 3). Trotz der wesentlich niedrigeren Stärkegehalte von „Doge“ im Vergleich zu „Gavott“ liegt der im Gärversuch ermittelte Methanertrag mit nahezu 35 % ungleich höher.

Tab. 3: Methanerträge (m³ CH₄/ha) von zwei unterschiedlichen Maissorten Gießen, 2003 (ET = Erntetermin) - Batchversuch nach DIN 38414S8

Biomasse TM/ha	Glühverlust	Methanertrag/ kg org. TM	Methanertrag m ³ /ha
Gavott – 4. ET = 16,76 t/ha = 16760 kg/ha	% TR = 95	0,381 m³ CH₄/kg	<u>6066 m³ CH₄/ha</u>
Doge – 4. ET = 20,8 t/ha = 20800 kg/ha	% TR = 94	0,419 m³ CH₄/kg	<u>8192 m³ CH₄/ha</u>

Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass mit der spätreifen Sorte „Doge“ eine hohe Methanausbeute erreicht werden kann. Darüber hinaus wird sichtbar, dass aus einzelnen Inhaltsstoffen (z.B. Stärkegehalt) keine unmittelbaren Rückschlüsse auf die zu erwartende Biogasausbeute gezogen werden können.

Literatur

Oechsner, H., A. Lemmer u. C. Neuberger (2003) in : Landtechnik, H.3, 146-147
 Amon, Th., V. Kryvoruchko, B. Amon, S. Buga, A. Amid, W. Zollitsch, K. Mayer u. E. Pötsch (2004) in:
 BAL-Berichte – 10. Alpenländisches Expertenforum, 18./19.3. 2004

Untersuchungen zu Ertragsbildung, Ertrag und Saatgutqualität von Öllein (*Linum usitatissimum* L.) auf sandigen Böden Nordostdeutschlands

G. Helm & U. Steffin*

Einleitung

Die Saatguterzeugung von Öllein gestaltete sich in den vergangenen 10 Jahren im Land Brandenburg sehr differenziert und selten problemlos.

Neben hohen und stabilen Samenerträgen ist die Sicherung der Saatgutqualität das wichtigste Ziel dieses Produktionsverfahrens. In diesem Zusammenhang ist besonders auf den Befall mit pilzlichen Auflaufschaderregern (Erreger der Alternariakrankheit - *Alternaria linicola* und der Grauschimmelfäule - *Botrytis cinerea*) zu achten, da durch diese erhebliche Qualitätsminderungen am Saatgut verursacht werden können.

Die Untersuchungen sollen zur Optimierung des Produktionsverfahrens Ölleinvermehrung unter dem Aspekt der guten fachlichen Praxis beitragen.

Material und Methoden

Der zweifaktorielle Versuch beinhaltet folgende Versuchsfaktoren und Faktorstufen:

Faktor A: Fungizidbehandlung:

- a1 ohne
- a2 Folicur vor der Blüte (EC: 31)
- a3 Folicur Ende Blüte (EC: 39)
- a4 Flamenco Plus Ende Blüte (EC: 39)
- a5 Folicur Anfang Reife (EC: 51)

Faktor B: Sorte:

- b1 Lirina (Öllein)
- b2 Gold Merchant (Öllein)
- b3 Atalante (Öllein)
- b4 Liflax (Ölfaserlein)

Zur umfassenden Quantifizierung von Unterschieden in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren und deren Abstufungen werden neben einer ausführlichen Untersuchung der Ertragsstruktur und des Pilzbefalls (während der Vegetation und am Samen) zusätzlich die Prüfmerkmale Feldaufgang, Blattflächenindex (LAI 2000), Trockenmasseentwicklung und Pflanzenlängenwachstum erfasst.

Hinsichtlich der Saatgutqualität erfolgen Untersuchungen bezüglich der Keimfähigkeit und der Reinheit des Erntegutes.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1: Samenertrag und Ertragsstruktur für den Vergleich der Sorten

Sorte	Samenertrag in dt/ha*	Pflanzen/m ²	Kapseln/Pflanze	Samen/Kapsel	TKG in g
Lirina	18,0	263,39	14,77	8,84	6,17
Gold Merchant	15,1	248,35	15,49	8,03	5,65
Atalante	16,0	162,40	19,89	8,78	6,29
Liflax	12,0	287,46	10,38	8,12	5,45

GD $\alpha \leq 0,05$ (HSD)

Im Versuchsjahr 2000 konnte der signifikant höchste Samenertrag für die Sorte Lirina und der geringste für die Sorte Liflax ermittelt werden (Tab. 1).

* Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, A.-Thaer-Weg 05, 14195 Berlin

Nach diesen Ergebnissen unterscheiden sich die Ölleinsorten deutlich in ihrer Ertragsleistung. Die von den Ölleinen abweichende Wuchstypen sind in Bezug auf den Samenertrag weniger leistungsfähig (Tab.1).

Tab. 2: Samenertrag und Ertragsstruktur für den Vergleich der Fungizidbehandlung

Sorte	Samenertrag in dt/ha*	Pflanzen/m ²	Kapseln/Pflanze	Samen/Kapsel	TKG in g
unbehandelt	14,8	249,29	14,03	8,46	5,93
EC:31 Folicur	16,5	234,53	16,36	8,57	5,95
EC:39 Folicur	14,9	246,83	15,18	8,50	5,83
EC:39 Flamenco	15,5	240,38	15,61	8,59	5,91
EC:51 Folicur	14,7	232,17	15,07	8,47	5,83

*GD $\alpha \leq 0,05$ (HSD)

Beim Vergleich der Fungizidbehandlungen wurde ein signifikant höherer Samenertrag bei der Folicurbehandlung vor der Blüte (EC: 31) im Vergleich zur Kontrolle und zu den Fungizidbehandlungen mittels Folicur nach der Blüte (EC: 39) und zu Reifebeginn (EC:51) erkennbar (Tab. 2).

Ein positiver Ertragseffekt durch den frühen Folicureinsatz wäre aufgrund der vitalisierenden Eigenschaften des Folicurs durchaus denkbar.

Betrachtet man die Ausprägung der Ertragskomponenten wird ersichtlich, dass besonders bei der Folicurbehandlung vor der Blüte ein hoher Kapselansatz bei gleichzeitig hoher Bestandesdichte vorliegt (gleiches gilt für die Sorte Lirina in Tab. 1). Diese Kombination kann als Ursache für das höhere Ertragsergebnis angenommen werden. Demnach haben die Bestandesdichte (zur Ernte) und die Anzahl Kapseln pro Pflanze den größten Einfluss auf die Höhe des Samenertrages pro Fläche.

Bestandesdichten von etwa 300 Pflanzen/m² oder 400 Trieben/m² (Diepenbrock et al. 1992) wirken förderlich auf den Samenertrag pro Fläche, da hier ein ausreichend hoher Kapselansatz pro Pflanze ermöglicht wird.

Die wöchentliche Messung des Blattflächenindex ließ eine enge Beziehung zwischen der Größe der Assimilationsfläche und der Höhe des Samenertrages pro Fläche erkennen. Dieser Zusammenhang äußert sich in einer Zunahme des Samenertrages mit steigendem Blattflächenindex. Maximale Werte konnten bei allen Sorten während der Blüte und der parallel dazu ablaufenden Kapselbildung erfasst werden, wobei die Sorte Lirina den größten Blattflächenindex aufwies.

Hinsichtlich der Keimfähigkeit und hinsichtlich des Ölgehaltes konnten lediglich Sortenunterschiede ermittelt werden. Die Fungizidbehandlungen und der Pilzbefall zeigten keinen Einfluss auf die Sattgutqualität und den Ölertrag im Vergleich zur Kontrolle.

Literatur

Diepenbrock, W.; Fried, W.; Paul, V:H: und Pörksen, N (1992):

Deutsche Saatveredelung – Öllein Züchtung – Beratung – Produktion. DSV Lippstadt

Vergleich der Anbaueignung verschiedener Ölpflanzenarten für den Ökologischen Landbau

C. Reinbrecht¹, J. Bönhardt⁴, A. Büchse¹, W. Friedt⁵, R. Funk², W. Gerhardt¹,
V. Hahn³, K. Hansmann⁶, O. Hübner², K. Kley⁷, M. Klotz², W. W. Luehs⁵,
H. P. Piepho¹, H. W. Scherf⁷, E. Schmidt¹, M. Schnieder¹, R. Vetter⁶, R. Vögel⁸,
W. Vogt-Kaute⁹, P. Weckherlin¹, K. P. Wilbois¹⁰, W. Claupein¹

Einleitung

Trotz vorhandener Nachfrage nach Speiseöl werden Ölpflanzen im Ökologischen Landbau in Deutschland nur in sehr geringem Umfang angebaut. Zudem besteht ein Mangel an betriebseigenem pflanzlichen Protein. Es ist bekannt, dass Raps und Sonnenblumen eine Reihe von Nachteilen im Anbau besitzen; alternative Kulturarten wie Leindotter oder Saflor haben derzeit aber eine geringe Verbreitung. Auch die Sojabohne wird zur Zeit nur auf einer begrenzten Fläche kultiviert. Die vorliegende Studie soll eine Bewertung der Anbaueignung der relativen Vorzüglichkeit von fünf Anbausystemen (Ölpflanzenarten) hinsichtlich ihrer Öl- und Eiweißproduktion gewährleisten. Letztlich sollen hieraus auch regionale Anbauempfehlungen abgeleitet werden.

Material und Methoden

Im Jahre 2003 wurden hierzu in Wilmersdorf (Brandenburg), Stobra (Thüringen), Kleinhohenheim, Oberer Lindenhof und Müllheim (alle Baden-Württemberg) Feldversuche als Spaltanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Hierbei bildeten die fünf Anbausysteme Winterraps/-rübsen, Sonnenblumen, Sojabohnen, Saflor und Leindotter den Großteilstücksfaktor. Jeweils zehn nach Vorinformationen als für den Ökologischen Landbau geeignet eingeschätzte Genotypen wurden zufällig auf die Kleinteilstücke innerhalb eines Anbausystems (d.h. einer Art) verteilt. Bei vier Standorten handelte es sich um ökologisch wirtschaftende Betriebe; auf dem Oberen Lindenhof wurde eine Bewirtschaftung der Versuchsfläche nach ökologischen Gesichtspunkten sichergestellt. Bedingt durch massiven Schneckenfraß bei Winterraps/-rübsen musste in Kleinhohenheim trotz wiederholter Aussaat die Prüfung bei dieser Art abgebrochen werden. Die Auswertung erfolgte als eine Serie von Spaltanlagen mit Hilfe der Prozedur MIXED des Statistikpaketes SAS (Littel et al., 1996). Für Arten und Genotypen wurden fixe und für die Orte und Wiederholungen zufällige Effekte modelliert. Für die Leistung einer Kulturart an einem speziellen Standort wurden Schätzwerte nach dem BLUP- (*Best Linear Unbiased Predictor*-)Verfahren berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die sehr trockenwarme Witterung in 2003 hatte eine günstige Wirkung auf die Erträge von Sonnenblumen und Saflor. Weniger hohe Erträge wurden bei Sojabohnen und Leindotter erzielt; das System (Winter-) Raps/-rübsen erreichte das niedrigste Ertragsniveau. Im Mittel über alle Orte betrug die Kornertragsleistung der

¹ Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), ² Versuchsstation für Nutztierbiologie und Ökologischen Landbau (401), ³ Landessaatzuchtanstalt (720), ¹⁻³ Universität Hohenheim, D-70593 Stuttgart;

⁴ Arche Noah, Obere Straße 40, A-3553 Schiltern; ⁵ Justus-Liebig-Universität Giessen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Heinrich-Buff-Ring 26-32, D-35392 Giessen; ⁶ Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung, Auf der Breite 7, D-79579 Müllheim; ⁷ Fa. Agrartest, Palmbachstraße 37, 65326 Aarbergen-Panrod; ⁸ Verein zur Erhaltung und Rekultivierung von Nutzpflanzen e.V., Burgstr. 20, D-16278 Greiffenberg; ⁹ Naturland e.V., Kleinhaderner Weg 1, D-82166 Gräfelfing;

¹⁰ FiBL Berlin e.V., Rungestraße 19, D-10179 Berlin

Sonnenblumen mehr als das sechsfache des Systems Raps/Rübsen. Der Ölgehalt untermauerte auf allen Standorten die führende Position der Sonnenblumen. Aufgrund ihrer höheren Proteingehalte erbrachte die Sojabohne die höchsten Eiweiß-erträge; diese wurden jedoch an zwei Standorten fast von denen der Sonnenblumen erreicht (Daten nicht gezeigt). Insgesamt erzielten Sonnenblumen die höchsten Leistungen. Die fixen Effekte der Arten und Genotypen innerhalb der Art waren für alle drei gezeigten Leistungsmerkmale hoch signifikant ($P \leq 0,0001$). Es bestand eine hohe Interaktion zwischen Arten und Orten (Tab. 1), welche die relative Vorzüglichkeit der Arten an einem gegebenen Ort beeinflusste. Die standortspezifische Rangfolge der Arten für die gezeigten Merkmale war 2003 dennoch relativ einheitlich (Abb. 1).

Tab: 1: Freiheitsgrade und Variationskoeffizienten (Quadratwurzel der Varianz * Mittelwert⁻¹) der zufälligen Effekte für drei Leistungsmerkmale

Varianzursache	Freiheitsgrade	Variationskoeffizienten [%]		
		Kornertrag	Ölertrag	Eiweißertrag
Ort	4	32,5	36,3	26,3
Art*Ort	15	28,6	34,1	24,9
Fehler Großteilstücke	36	13,4	16,7	10,2
Ort*Genotyp(Art)	170	9,7	9,3	10,5
Fehler Kleinteilstücke	401	16,0	19,1	18,6

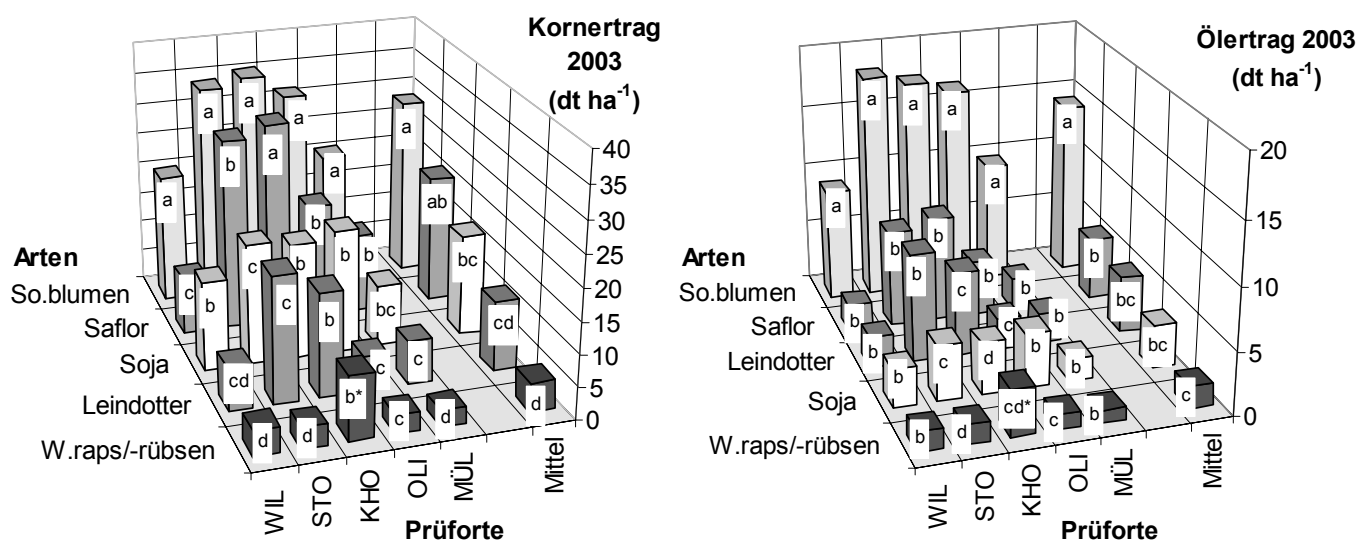


Abb. 1: BLUPs verschiedener Ölpflanzen-Anbausysteme an den Prüferten Wilmersdorf (WIL), Stobra (STO), Kleinhohenheim (KHO), Oberer Lindenhof (OLI) und Müllheim (MÜL), jeweils gemittelt über zehn Genotypen, sowie das Gesamtmittel über die Orte, berechnet nach der Methode der kleinsten Quadrate, für den Kornertrag (links) und den Ölertrag (rechts). Artmittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht ($P=0,05$; t-Test für ortsweise, Tukey-Test für Gesamtmittel).

Schlussfolgerungen

Die trockenwarme Witterung im Jahr 2003 hat die Familie der Asteraceen und besonders die Sonnenblume in der Umsetzung ihres Leistungspotentials begünstigt. Die Übertragbarkeit auf andere Jahre sollte weiterführend untersucht werden.

Danksagung

Dieses Projekt wurde gefördert über das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (FKZ 02OE434).

Ertrag und Futterqualität der Schmalblättrigen Süßlupine (*L. angustifolius*) in Reinsaat und im Gemengeanbau

Herwart Böhm & Arne Bilau*

Einleitung

Im Zusammenhang mit der angestrebten Fütterung von ausschließlich ökologisch erzeugtem Futter in der ökologischen Tierhaltung erlangt der Anbau der Schmalblättrigen Süßlupine größere Aufmerksamkeit. Sie weist einen hohen Anteil hochverdaulichen Rohproteins auf. Aus pflanzenbaulicher Sicht bietet die Schmalblättrige Süßlupine als Stickstoff fixierende Leguminose die Möglichkeit des N-Inputs in den Betriebskreislauf ökologisch wirtschaftender Betriebe. Sie ist damit eine Alternative zu Körnererbsen, um die hier notwendigen Anbaupausen von 6 Jahren einzuhalten. Die vorliegenden Versuche sollen neben der Bewertung der unterschiedlichen Leguminosenarten vor allem einen Beitrag über die Möglichkeiten eines Gemengeanbaus der Schmalblättrigen Lupine mit anderen Leguminosen oder mit Getreide leisten. Hierzu liegen bislang nur wenige Untersuchungen wie z.B. von Wichmann (2004) zum Gemengeanbau mit Getreide vor.

Material und Methoden

In einem Feldversuch mit 4-facher Wiederholung (Parzellengröße 33 m²) wurde im Jahr 2003 am Standort Trenthorst des Institutes für ökologischen Landbau (Parabraunerde, 50 BP, sL) die Schmalblättrige Süßlupine in Reinsaat und im Gemengeanbau untersucht. Als Reinsaat wurde die Schmalblättrige Süßlupine mit den Sorten „Bora“ (100 Kö/m², nicht determinierter Typ, SL-V) und „Boruta“ (130 Kö/m², determinierter Typ, SL-E) sowie die Feldfrüchte Ackerbohne (35 Kö/m², Sorte „Columbo“ (AB-C, tanninfrei) bzw. „Limbo“ (AB-L, tanninhaltig), Futtererbse (70 Kö/m², Sorte „Madonna“, FE), Sommergerste (300 Kö/m², Sorte „Krona“, SG) etabliert. In den Gemengevarianten wurden die beiden Sorten der Schmalblättrigen Süßlupine mit den übrigen Feldfrüchten kombiniert, wobei die Aussaatstärken jeweils 50 % der Reinsaatstärke betragen. Die Aussaat erfolgte am 27./28. März nach dem System des Row Intercropping, d.h. es wurde im reihenweisen Wechsel der Mischungspartner gedreht. Eine mechanische Beikrautregulierung wurde aufgrund des sehr geringen Unkrautdruckes nicht durchgeführt.

Während der Vegetationsperiode wurden am 27. Mai, 11. Juni und 10. Juli drei Zwischenbeerntungen des Aufwuchses durchgeführt, wobei der letzte Probenahmetermin den Nutzungstermin als GPS kennzeichnet. Die Druschernte erfolgte im Kerndruschverfahren (17,55 m²) und wurde in Abhängigkeit der Abreife durchgeführt. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse der Weender-Analysen wurde der Gehalt an Nettoenergie (NEL) (DLG-Futterwerttabelle Wiederkäuer) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Den höchsten Kornertrag wies die Reinsaat Futtererbsen (FE) mit 47,9 dt ha⁻¹ auf, gefolgt von den Ackerbohnen. Die Schmalblättrige Süßlupine vom endständigen Typ (SL-E, Sorte Boruta) lag mit der Sommergerste (SG) auf einem Niveau (Tab. 1). Die Schmalblättrige Süßlupine vom Verzweigungstyp (SL-V, Sorte Bora) zeigte den niedrigsten Ertrag, was sich jedoch bereits durch einen insgesamt schlechteren

* Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst 32, 23847 Westerau, email: herwart.boehm@fal.de

Wachstumsverlauf abzeichnete. Auch in anderen Sortenversuchen des Jahres 2003 wurde dies beobachtet (Sauer mann 2004). Im Gemengeanbau mit der Schmalblättrigen Süßlupine konnte in keinem Fall ein höherer Ertrag realisiert werden als mit dem ertragreicheren Gemengepartner in Reinsaat. Unzureichend waren vor allem die Ertragsanteile der Schmalblättrigen Süßlupine, die stets unter 25 % lagen (Tab. 1), obwohl das Aussaatstärkenverhältnis 50:50 betrug, bezogen auf die jeweiligen Saatstärken der Reinsaaten. Dies verdeutlicht die Konkurrenzschwäche der Schmalblättrigen Süßlupine gegenüber den übrigen Gemengepartnern. Bei den sich anschließenden Versuchen im Jahr 2004 werden daher zusätzlich die Mischungsverhältnisse zu Gunsten der Lupine variiert.

Tab. 1: Kornertrag, Ertragsanteile, Rohproteingehalte und NEL für die Reinsaaten und die Gemengevarianten

	Ertrag (dt/ha TM)	Ertragsanteile (%)	Rohprotein (% TM)	NEL (MJ/kg TM)
SL-E	34,28 def	100 / -	34,91 a	8,95 a
SL-V	12,67 g	100 / -	33,52 b	8,94 a
AB-C	43,06 ab	100 / -	29,30 c	8,69 cd
AB-L	39,32 bcd	100 / -	28,98 c	8,68 d
FE	47,92 a	100 / -	20,03 e	8,53 f
SG	33,33 ef	100 / -	8,41 h	8,24 i
SL-E / AB-C	36,21 cde	17,7 / 82,3	30,30 c	8,74 b
SL-V / AB-C	32,92 ef	12,7 / 87,3	29,84 c	8,72 bc
SL-E / AB-L	32,59 ef	15,6 / 84,4	29,91 c	8,73 b
SL-V / AB-L	34,26 def	10,3 / 89,7	29,45 c	8,72 bc
SL-E / FE	41,99 b	16,7 / 83,3	22,52 d	8,64 e
SL-V / FE	41,66 bc	12,0 / 88,0	21,65 d	8,62 e
SL-E / SG	40,47 bc	22,5 / 77,5	14,38 f	8,47 g
SL-V / SG	29,85 f	9,0 / 91,0	10,67 g	8,36 h

Nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (p=0,05, SNK-Test)

Im Vergleich der Leguminosenarten wies die Schmalblättrige Süßlupine den höchsten RP-Gehalt auf, gefolgt von den Ackerbohnen und den Futtererbsen. Entsprechend der geringen Ertragsanteile der Schmalblättrigen Süßlupine in den Gemengevarianten waren die RP-Gehalte in diesen Varianten nur geringfügig höher als die Rohproteingehalte der jeweiligen Gemengepartner. Auch wiesen die Varianten der Schmalblättrigen Süßlupine die höchsten NEL-Gehalte auf. In den Gemengevarianten waren die NEL-Gehalte gegenüber den jeweiligen Gemengepartnern zwar signifikant erhöht, doch aufgrund der geringen Anteile der Schmalblättrigen Süßlupine in den Gemengevarianten wurden die NEL-Gehalte nicht ausreichend erhöht.

Wichtige Kenngrößen sind weiterhin der Energieertrag bzw. der Rohproteinertrag pro Hektar. Hier waren die Reinsaaten in den meisten Fällen den Gemengevarianten überlegen. Die höchsten RP-Erträge erzielten die Varianten AB-C, SL-E und AB-L, die höchsten NEL-Erträge wiesen die Varianten FE, AB-C und SL-E / FE auf.

Literatur

- Wichmann, S. (2004): Ertragsleistung, Futterqualitätsentwicklung, N₂-Fixierungsleistung und Vorfruchtwirkung von verschiedenen Körnerleguminosenarten in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide. Diss. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau.
- Sauer mann, W. (2004): Landessortenversuche Blaue Süßlupine. Bauernblatt Schleswig-Holstein, Heft 7/2004, 42-44.

Suitability of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for Cultivation as an Oil crop under Conditions of Organic and Low-Input Farming Systems in Central Europe

E. Y. Elfadl, C. Reinbrecht, W. Claupein*

Introduction

Globally, safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an under-utilized oilseed crop, being stifled by constraints of the environment, and its low oil content. Safflower owes its importance to the demand for oil, which stems from the highly polyunsaturated fatty acids coupled with elevated levels of tocopherol in addition to the utility of whole plant parts for varied uses such as medical uses (Velasco et al., 2002).

In Central Europe incorporation of oil crops into organic and low-input farming systems is still at empirical stage. In a multi-locations trial conducted under organic conditions to compare the performance of 5 different oil crops (Reinbrecht et al., personal comm), safflower ranked beyond sunflower in terms of oil content and yield. However, sunflower requires high amount of N-fertilizer and is susceptible to diseases. In 2002 and 2003 (Reinbrecht et al., 2004), 65 adapted accessions out of 741 worldwide accessions were screened. *Alternaria* leaf spot, leaf rust, damping-off and bacterial head blight highly affected the performance of accessions.

Objectives

- 1- Integration of safflower (*Carthamus tinctorius*) in organic farming system in Central Europe.
- 2- Development of safflower cultivation criteria for a duly production in low-input systems.
- 3- Determination of tocopherol content using near-infrared spectroscopy calibration (NIRS).

Materials and Methods

Twenty safflower accessions selected from 65 accessions grown in season 2003 were sown in a simple lattice design (5x4) with four replicates at four different locations for evaluating genotype x environment interactions. A subset of ten genotype was sown additionally at five more locations in Western and Central Europe. Plants/m², lodging, plant height, seed setting, days to flowering, days to maturity, yield, yield components, harvest index, and oil content, are being assessed. Diseases (bacterial blight, head rot, rust, head blight, damping-off) and pests are being monitored.

To investigate the effect of nitrogen fertilization and crop density on yield, yield components, oil content and growth characteristics of safflower, three accessions (Sabina, Saffire, BS-62915), three N-rates (0-40-80 kg/ha) and three crop densities (50-100-150 seeds/m²) were used. The experiment is being carried out at two different locations (Germany-Ihinger hof, Switzerland-Wil) using a 4-replicated split-plot design. N-fertilizer was applied at rosette stage

For determination of tocopherol and oil content using NIRS calibration, 468 accessions from worldwide collections with BS-62915 as standard were sown in 2-replicated lattice design in one meter long single row.

* University of Hohenheim, Institute of Plant Production and Grassland (340), Germany

In all trials weeding was done manually and mechanically at rosette stage. Soil were sampled at 0-30-60-90 cm depths for macronutrients (N, K, P, Mg) and pH analysis. So far only plant stands/m² and damping-off (0% healthy-100% completely diseased) were analysed using PLABSTAT (Utz, 1993).

Result and Discussion

Results from two different locations (Table-1, Exp-1) indicated significant differences between accessions for the % of damping-off and plants/m². Among accessions, Do-15/03 (17.86%) and Do-13/03 (8.47%) showed the highest infection rates. In other three locations, analysis also revealed considerable variation between accessions for plants/m². Highly significant differences between accessions for plants/m² were observed in experiment-3 (Table-1).

Conclusion

From the present study it may be concluded that, up to branching stage damping-off is the most predominant disease under organic and humid conditions. Many accessions showed low rate of infection, thus promising for further cropping.

Tab. 1: Estimated mean squares and F-test for Plants/m² and % of damping-off in safflower cultivated under organic farming conditions

Experiment	Locations	Plants/m ²			Damping-off %		
		D.F.	MS	F-value	D.F.	MS	F-value
Exp-1	Kleinhohenheim	19	301.4316	2.06 *	19	53.7239	19.51 **
	Mittelsömmern	9	578.5111	4.99 **	9	403.0560	19.87 **
	Göttingen	19	159.9283	5.47 **			
	Will-1	19	287.5763	10.26 **			
	Will-2	19	136.4711	1.88 *			
Exp-3	Kleinhohenheim	467	41.0859	2.11 **			

*** Significant at P= 5 and 1%, respectively

References

- Reinbrecht, C., Barth, S., von Witzke-Ehbrecht, S., Khan, M.A., Becker, H.C., Kahnt, G., Claupein, W. 2004. Evaluierung von Saflor-Akzessionen für den Ökologischen Landbau. Vortr. Pflanzenz. 62:101-103.
- Utz, H.F. 1993. PLABSTAT. A computer program for the statistical analysis of plant breeding experiments. Institute of plant breeding, Seed Science and Population Genetics, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.
- Velasco, L. and J.M. Fernandez-Martinez, 2002. Progress in breeding modified tocopherol content and composition in safflower. Sesame and safflower newsletter 17: 98-101

Wirkung von Grundbodenbearbeitungs- und Aussattermin auf die Verunkrautung im ökologischen Zuckerrübenanbau

Hans-Peter König & Heinz-Josef Koch*

Einleitung

Zur Herstellung von zuckerhaltigen Öko-Produkten ist nach Bestimmungen der EG-Ökoverordnung (EWG Nr. 2092/91) seit April 2003 nur Zucker aus ökologischem Anbau zugelassen. Mit der derzeit zunehmenden Nachfrage nach Produkten aus ökologischer Herstellung steigt auch die Nachfrage nach ökologisch erzeugtem Zucker. Der Zuckerrübenanbau findet derzeit jedoch wenig Verbreitung im ökologischen Landbau, da durch den oftmals sehr hohen Handarbeitsaufwand zur Unkrautregulierung erhebliche Kosten entstehen. Darüber hinaus kann die Verunkrautung zu deutlichen Ertragsminderungen in Zuckerrüben führen (Wellmann 1999). Ausschlaggebend für die Eingliederung des Zuckerrübenanbaus in einen ökologisch wirtschaftenden Betrieb ist eine erfolgreiche und kostengünstige Unkrautregulierung. Als eine Möglichkeit der indirekten Unkrautregulierung wird in der vorliegenden Arbeit die Wirkung von Grundbodenbearbeitungs- und Aussattermin auf die Verunkrautung in Zuckerrüben getestet.

Material und Methoden

Im Rahmen eines von der **Deutschen Bundesstiftung Umwelt** geförderten Projekts zur Optimierung der Anbaugestaltung von Zuckerrüben im ökologischen Landbau wurde 2003 am Standort Wiebrechtshausen (Parabraunerde aus Löss, Landkreis Northeim) ein Anbauvergleich zur ökologischen Unkrautregulierung in Zuckerrüben durchgeführt. Der Betrieb befand sich im Versuchsjahr in der Umstellung auf ökologischen Landbau. Nach Ernte der Vorfrucht (Gerste) wurde ein Zwischenfruchtgemenge bestehend aus Buchweizen, Sommerwicke, Alexandrinerklee, Perserklee und Senf angebaut. Der Umbruch der Zwischenfrucht erfolgte in der Variante Herbstfurche am 07.11.2002 und in der Variante Frühjahrsfurche am 17.03.2003 mit dem Pflug auf Krumentiefe. Die Saatbettbereitung wurde am 02. und 03.04.2003 mit Kreiselegge und Garegge für beide Bodenbearbeitungstermine durchgeführt. Am 07.04.2003 wurden Zuckerrüben in einem Teilbereich der Herbstfurche ausgesät. Die restliche Teilfläche der Herbstfurche sowie die Frühjahrsfurche wurden am 22.04.2003 zusätzlich gestriegelt. Anschließend erfolgte die Zuckerrübenaussaat. Zur Unkrautregulierung wurde in der Variante Herbstfurche-frühe Aussaat drei mal maschinell gehackt, in den spät gesäten Varianten wurde je zwei mal maschinell gehackt. Die Verunkrautung innerhalb der Reihen wurde in zwei Durchgängen von Hand beseitigt. Je Variante wurde ein „Hackfenster“ ausgespart, in dem keine mechanische Unkrautregulierung erfolgte. Nach Auflaufen der Zuckerrüben wurden je Variante acht Unkrautzählungen mit einem Schätzrahmen im wöchentlichen Rhythmus vorgenommen. Bei der Ernte wurden Ertrag und Qualität der Zuckerrüben bestimmt. Dabei wurden nur Teilflächen mit Unkrautregulierung beprobt.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt den Einfluss von Bodenbearbeitungs- und Aussattermin auf die Entwicklung der Unkrautdichte. Ohne direkte mechanische Unkrautregulierung war die Unkrautdichte nach Herbstfurche-frühe Aussaat mit 110 Pflanzen m⁻² (Mitte Mai)

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

am höchsten. Nach später Aussaat war die Verunkrautung deutlich geringer. Offensichtlich konnte durch den zusätzlichen Striegelstrich unmittelbar vor der späten Aussaat das nach der Saatbettbereitung gekeimte Unkraut beseitigt und damit der Unkrautdruck im Zuckerrübenbestand gesenkt werden. Wiederholte Arbeitsgänge zur Saatbettbereitung und eine verzögerte Aussaat wurden bereits von Cussans (1989) als Mittel zur indirekten Unkrautregulierung beschrieben.

Eine mittlere Unkrautdichte mit 35 Pflanzen m^{-2} trat nach Frühjahrsfurche-später Aussaat auf, während nach Herbstfurche-später Aussaat die Unkrautdichte mit 15 Pflanzen m^{-2} am geringsten war. Die längere Zeitspanne zwischen Herbstfurche und Saatbettbereitung im Vergleich zum Zeitraum zwischen Frühjahrsfurche und Saatbettbereitung ermöglichte vermutlich mehr Unkrautsamen die Keimung. Diese Pflanzen wurden mit der nachfolgenden Saatbettbereitung beseitigt. Eine weitere Zunahme der Unkrautdichte konnte nach Mitte Mai nicht festgestellt werden.

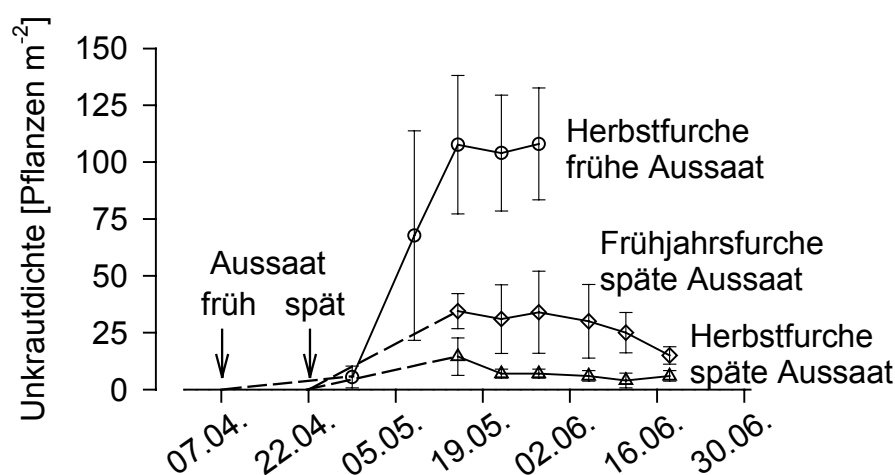


Abb. 1: Einfluss von Grundbodenbearbeitungs- und Aussaattermin auf die Unkrautdichte in Zuckerrüben. Herbstfurche am 07.11.2002, Frühjahrsfurche am 17.03.2003, ohne Unkrautregulierung

Die Minderung des Unkrautdrucks durch eine verzögerte Aussaat muss jedoch gegen den daraus resultierenden Ertragsverlust abgewogen werden (Märländer 1991). Aufgrund der ausschließlichen Verarbeitung der Öko-Zuckerrüben zu Kampagnebeginn im September ist eine Kompensation durch einen späteren Erntetermin nicht möglich. Der Rübenenertrag betrug in den Ernteparzellen mit Unkrautregulierung (Maschinen- und Handhacke) $59,3 t ha^{-1}$ nach Herbstfurche-frühe Aussaat. Nach Herbstfurche-späte Aussaat konnten nur $50,3 t ha^{-1}$ geerntet werden. Der geringste Ertrag wurde mit $46,0 t ha^{-1}$ nach Frühjahrsfurche-späte Aussaat erreicht. Zusätzlich zum Effekt der Saatverzögerung wirkte sich vermutlich der Wasserverlust durch das Pflügen im Frühjahr negativ auf den Rübenenertrag im Trockenjahr 2003 aus. Der Bereinigte Zuckerertrag wurde ähnlich wie der Rübenenertrag durch Bodenbearbeitungs- und Aussaattermin beeinflusst.

Literatur

- Cussans, G.W. 1989: The effects of cultivation on weeds and weed control. S. 163-170. In: Energy saving by reduced soil tillage. Baeumer, K & W. Ehlers (Hrsg.), Proceedings of a workshop held in Göttingen (FRG) on 10. and 11. June 1987.
- Märländer, B. 1991: Zuckerrüben: Produktionssteigerung bei Zuckerrüben als Ergebnis der Optimierung von Anbauverfahren und Sortenwahl sowie durch Züchtungsfortschritt. Habil. Göttingen, Ute Bernhardt-Pätzold Verlag, Stadthagen.
- Wellmann, A. 1999: Konkurrenzbeziehungen und Schadensprognose in Zuckerrüben bei variiertem zeitlichen Auftreten von *Chenopodium album* L. und *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert. Diss. Universität Göttingen.

Einfluss von Standort und Sorte auf Ertrag, Sortierung und Qualität von ökologisch erzeugten Kartoffeln für die Verarbeitung zu Pommes frites

Tanja Krause¹, Thorsten Haase², Herwart Böhm¹, Jürgen Heiß², Ralf Loges³,
& Norbert U. Haase⁴

Einleitung

Im Zuge der Ausweitung des ökologischen Landbaus müssen den ökologisch wirtschaftenden Betrieben neue Vermarktungswege geboten werden. Da die Nachfrage nach Convenience-Produkten stetig steigt, könnte die Erzeugung von Verarbeitungskartoffeln den Landwirten neue Einkommensquellen eröffnen. Sowohl das Sortenspektrum wie auch die Qualitätseigenschaften der Kartoffeln, die zur Weiterverarbeitung zu Pommes frites genutzt werden, unterscheiden sich erheblich von denen der Speisekartoffeln. Basierend auf Erkenntnissen aus Vorversuchen in den Jahren 2000 und 2001 (Böhm et al. 2002) wurden im Jahr 2003 weitere Feldversuche angelegt, die in 2004 fortgeführt werden, um eine fundierte Sortenbewertung in Abhängigkeit der Standorte hinsichtlich Ertrag und Qualitätsausprägung vornehmen zu können.

Material und Methoden

Im Jahr 2003 wurde ein Sortiment von 8 für die Verarbeitung zu Pommes frites geeigneten Kartoffelsorten an 3 ökologisch bewirtschafteten Standorten mit unterschiedlicher Bodengüte in 4-facher Feldwiederholung angebaut:

- Biolandbetrieb Gut Wulksfelde in Schleswig-Holstein: IS, 25-30 BP, Beregnung
- Versuchsgut Lindhof, Universität Kiel in Schleswig-Holstein: sL, 40-45 BP
- Hessische Staatsdomäne Frankenhausen, Universität Kassel in Hessen: Ut3, 75-80 BP

Alle Kartoffelsorten wurden vorgekeimt. Die weitere Bewirtschaftung erfolgte nach ortsüblichen Gegebenheiten. Von jeder Parzelle wurden zum einen die Ertragsdaten (Gesamtertrag, Sortierung), zum anderen an der BFEL⁴) in Detmold qualitative Parameter wie Trockenmasse und Stärke mittels Unterwassergewicht erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Wie schon in den Vorversuchen wurde am Standort Frankenhausen im Jahr 2003 mit durchschnittlich 41,7 t*ha⁻¹ der signifikant höchste Gesamtertrag erreicht (Tab. 1). Die beiden norddeutschen Standorte Wulksfelde und Lindhof wiesen sowohl bei den Erträgen der einzelnen Sorten, als auch bei der Sortierung und den TM -und Stärkegehalten ein vergleichbar hohes Niveau auf, das sich z.T. deutlich von dem Standort Frankenhausen unterschied. Die Verarbeiter von ökologisch erzeugten Kartoffeln fordern eine Mindestknollengröße von 35 mm, wobei der Anteil > 50 mm mindestens 50 % betragen soll (Böhm 2003). Der Knollenanteil > 40 mm lag bei allen

¹ Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst 32 23847 Westerau

² Fachgebiet Ökologische Land- und Pflanzenbausysteme, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

³ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

⁴ Institut für Getreide-, Kartoffel- und Stärketechnologie, Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL), Schützenberg 12, 32756 Detmold

drei Standorten bei 75-80 %, der Knollenanteil bei der Sortierung > 50 mm betrug für den Standort Frankenhausen jedoch nur 27 %, was sich signifikant zu den beiden Standorten Wulksfelde und Lindhof mit ca. 43-47 % unterschied.

Zur Verarbeitung von Kartoffeln zu Pommes frites werden Stärkegehalte zwischen 14 und 18 % gefordert, da diese maßgeblich die Textur und den Fettgehalt des Produktes bestimmen (Putz und Haase, 1998). Aufgrund der warmen und trockenen Witterung im Jahr 2003 lagen auf allen drei Standorten die Stärkegehalte über diesem Richtwert.

Tab. 1: Ertrag, Sortierung, Trockenmasse- und Stärkegehalte für die drei Versuchsstandorte im Mittel der geprüften Kartoffelsorten im Jahr 2003

Standort	Ertrag (t ha ⁻¹)	marktfähige Ware, >40mm (%)	Sortierung >50 mm (%)	TM (%)	Stärke (%)
Wulksfelde	38,84	77,94	42,93	23,89	18,95
Lindhof	33,56	75,61	46,41	24,84	19,77
Frankenhausen	41,72	79,51	27,14	25,27	20,10

Die Sorten Agria und Marena erreichten wie bereits in den Jahren 2000 und 2001 mit 42,3 bzw. 41,5 t*ha⁻¹ die höchsten Gesamterträge (Tab. 2). Die statistische Verrechnung weist signifikante Wechselwirkungen zwischen den beiden Faktoren „Standort“ und „Sorte“ aus. So erreichte z. B. die Sorte Premiere auf dem Standort Frankenhausen mit 48,3 t*ha⁻¹ den höchsten Gesamtertrag, auf den norddeutschen Standorten dagegen fiel das Ertragsniveau mit 35-38 t*ha⁻¹ deutlich geringer aus. Auch bei der Sortierung >40 mm betrug der Anteil der Knollen am Gesamtgewicht in Frankenhausen 71 %, auf den norddeutschen Standorten dagegen lediglich ca. 60%. Die Stärkegehalte der Sorten lagen im Mittel der Standorte in einem Bereich von 18-20 %, nur die Sorte Freya wies mit 21 % einen deutlich höheren Wert auf.

Tab. 2: Ertrag, Sortierung, Trockenmasse- und Stärkegehalte der geprüften Sorten im Mittel der drei Versuchsstandorte im Jahr 2003

Sorte	Reifegruppe	Ertrag (t ha ⁻¹)	marktfähige Ware, >40mm (%)	Sortierung >50 mm (%)	TM (%)	Stärke (%)
Premiere	sehr früh	40,54	64,29	22,79	24,95	19,86
Velox	sehr früh	39,91	79,04	35,65	23,16	18,32
Camilla	früh	34,76	76,01	31,76	24,44	19,42
Carmona	früh	37,13	74,63	32,26	24,88	19,80
Delikat	früh	32,07	79,25	47,89	25,10	19,98
Freya	mittel früh	36,04	80,51	35,52	26,29	21,01
Agria	mittel früh	42,34	83,38	48,91	24,51	19,48
Marena	mittelspät-spät	41,53	84,36	55,84	24,02	18,97

Literatur

- Böhm, H.; T. Haase und B. Putz (2002): Ertrag und Verarbeitungseignung von Kartoffeln aus Ökologischem Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 86-87.
 Böhm, H. (2003): Anbau von Kartoffeln zur industriellen Weiterverarbeitung. In: Möller, K.; Kolbe, H. und Böhm, H. 2004: Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. Österreichischer Agrarverlag: 158-164
 Putz, B. und Haase, N. (1998): Kartoffelsorten für die Verarbeitung. Kartoffelbau 49 (8), 312-317

Das Projekt wird im Rahmen des Bundesprogramm Ökologischer Landbau gefördert (FKZ: 03OE003).

„Bicropping“ von Getreide und Weißklee - ein alternatives Produktionsverfahren im ökologischen Landbau

H. Neumann, R. Loges & F. Taube*

Einleitung

Auch ökologisch wirtschaftende Betriebe sind aufgrund der ökonomischen Rahmenbedingungen zunehmend dazu gezwungen, die Produktion zu intensivieren. Betriebstechnische Anpassungen, wie beispielsweise eine verstärkte mechanische Bodenbearbeitung oder ein Verzicht auf überjährigen Kleeerasenbau, können zu Bodenproblemen führen (Erosion, sinkende Bodenfruchtbarkeit). Vor diesem Hintergrund wird an der Universität Kiel ein bisher im ökologischen Anbau nicht wissenschaftlich untersuchtes Produktionssystem getestet, bei dem Getreide direkt, d. h. ohne den Einsatz des Pfluges, in einen Weißkleebestand gesät wird („Bicropping“).

Material und Methoden

Auf dem Versuchsbetrieb Lindhof (IS-sL, 40–45 Bodenpunkte, ϕ : 773 mm, ϕ : 8,5°C) wurden in den Jahren 2001/02 und 2002/03 die Effekte der folgenden Faktoren und Faktorstufen getestet (teilrandomisierte Parzellenversuche, kombinierte Spalt-Blockanlagen, 4 Wiederholungen):

- Ansaattechnik Winterweizen (Sorte Bussard): a) „Bicropping“ I („extensiv“): Reihenfrässaat (Howard Roto-matic), b) „Bicropping“ II („intensiv“): Normalsaat nach ganzflächigem Fräsen des Klees, c) Normalsaat nach Pflügen,
- Reihenabstand Winterweizen: a) 12 cm, b) 36 cm („weite Reihe“),
- Sortentyp Weißklee: a) Rivendel (kleinblättrig), b) Milkanova (mittelgroßblättrig), c) Landy (großblättrig),
- Mulchintensität Weißklee (Zusatz-Experiment bei Reihenfrässaat, Reihenweite 36 cm und Kleesorte Milkanova): a) kein Mulchen, b) 1 x Mulchen, c) 3 x Mulchen der Getreidereihenzwischenräume.

Um die Fruchtfolgeleistung des „Bicropping“-Systems im Vergleich zur Pflugsaat zu ermitteln, wurden im Anbaujahr 2002/03 in einem ersten Nachfolgeversuch die Kornerträge der Folgefrüchte Hafer und Winterroggen ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Ansaattechnik: Der Winterweizenanbau im „Bicropping“-System führte zu geringeren Kornerträgen als die Pflugsaat (Tab. 1). Die Ertragsdifferenz betrug je nach Ansaattechnik -34 % (Direktsaat nach ganzflächigem Fräsen des Klees, „Bicropping“ II) bzw. -60 % (Reihenfrässaat, „Bicropping“ I). Die Bestandesdichte (Ähren je m²) sowie die Anzahl an Körnern je Ähre waren bei „Bicropping“ signifikant reduziert. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass der Weizen bei der Anlage und Ausbildung von Trieben und Ährchen durch den Weißklee beeinträchtigt wurde, da dieser um Standraum, Nährstoffe, Wasser und Licht konkurriert. Ein weiterer Grund für die Mindererträge könnte sein, dass die Boden-N-Freisetzung im Frühjahr bei „Bicropping“ im Vergleich zur Pflugsaat vermindert war. Um ökologisch produzierten Winterweizen als Backweizen vermarkten zu können, müssen die Kornrohproteingehalte mindestens 10,5–12,0 % betragen. Diese Mindestanforderung wurde im Mittel der Jahre 2002 und 2003 durch alle getesteten Saattechniken erfüllt.

* Inst. f. Pfl.bau u. Pfl.züchtung, Grünland u. Futterbau/Ökologischer Landbau, Universität Kiel

Reihenabstand: Die Erhöhung der Reihenweite auf 36 cm bewirkte im Vergleich zum Normalabstand (12 cm) im Mittel der getesteten Ansaattechniken eine Steigerung des Kornrohproteingehaltes um 0,9 Prozentpunkte (Tab. 1). Der Kornertrag war jedoch bei „weiter Reihe“ um 3,4 dt/ha (-12,2 %) reduziert, da die Bestandesdichte im Vergleich zur Kontrolle vermindert war. Beide Effekte sind aus Versuchen zum herkömmlichen ökologischen „weite Reihe“-Anbau nach Pflugsaat bekannt (Neumann et al. 2003).

Sortentyp Weißklee: Die Variation der Weißkleeorte hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Weizenertrag und den Rohproteingehalt im Weizenkorn (ohne Tab.).

Mulchintensität: Das Mulchen des Klees in den weiten Reihenzwischenräumen (Zusatzexperiment Reihenfrässaat) bewirkte bei insgesamt niedrigem Ertragsniveau eine signifikante Steigerung des Winterweizenertrages um rund 5 dt/ha (+42 %). Der Kornrohproteingehalt wurden nicht absicherbar durch die Mulchintensität beeinflusst (ohne Tab.).

Fruchtfolgeleistung: Im Gegensatz zur Pflugsaat hinterblieb beim Anbau im „Bicropping“-Verfahren nach der Ernte des Getreides ein überjähriger Weißkleebestand. Die Kornerträge der per Pflugsaat angesäten alternativen Folgefrüchte Hafer und Winterroggen waren zur Ernte 2003 nach „Bicropping“ entsprechend höher als nach gepflügtem Winterweizen. Der Mehrertrag betrug bei Hafer rund 24 dt/ha (+35 %), bei Roggen 14 dt/ha (+33 %).

Tab. 1: Einfluss von Ansaattechnik und Reihenabstand auf den Kornertrag (dt/ha), den Kornrohproteingehalt (%) sowie die Ertragsstruktur von ökologisch angebautem Winterweizen im Mittel der Erntejahre 2002 und 2003 (Mittel 4 Wiederholungen)

Faktor	Faktorstufe	Ertrag(dt/ha)	Kornrohprotein (%)	Triebe/m ²	TKM (g)	Körner/Ähre
Ansaattechnik	„Bicropping“ I	15,2 c	13,8 a	269 b	45,6 a	12,8 c
	„Bicropping“ II	25,2 b	12,1 b	319 ab	44,5 a	18,7 b
	Pflugsaat	38,0 a	12,2 b	359 a	42,9 b	25,9 a
	SE/Sign.	1,0 ***	0,2 ***	20 *	0,4 ***	1,5 ***
Reihenabstand	12 cm	27,8 a	12,2 b	360 a	44,5 a	18,0 a
	36 cm	24,4 b	13,1 a	271 b	44,2 a	20,3 a
	SE/Sign.	0,8 **	0,1 ***	16 ***	n.s.	n.s.

Erklärungen: „**Bicropping**“ I: Reihenfrässaat, „**Bicropping**“ II: Normalsaat nach flächigem Fräsen; **SE/Sign.:** Standardfehler/Signifikanz (F-Test) bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit (Varianzanalyse, MIXED-Prozedur, SAS 1999-2001); **n.s.:** nicht signifikant ($p > 5,0 \%$), *: signifikant ($5,0 \% \geq p > 1,0 \%$), **: hoch signifikant ($1,0 \% \geq p > 0,1 \%$), ***: sehr hoch signifikant ($p \leq 0,1 \%$); signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet

Fazit: Für viehlos wirtschaftende Ökobetriebe könnte einjähriges „Bicropping“ aufgrund des hohen Vorfruchtwertes eine wirtschaftlich interessante Alternative zur herkömmlichen Flächenstilllegung mit Klee gras darstellen. Das „Bicropping“-Verfahren erzielt im Vergleich zur Stilllegung zusätzlich den Erlös aus dem Verkauf des Getreides. In einzelnen Bundesländern kann des weiteren eine Förderprämie für die reduzierte Bodenbearbeitung beantragt werden.

Literatur

Neumann, H., Loges, R. und F. Taube (2003): Optimierungsstrategien des „weite Reihe“-Verfahrens im ökologischen Winterweizenanbau: Variation von Reihenweite, Weizensorte, Aussaatstärke, Hackintensität und Untersaat. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15: 52–55.

Ökologischer Anbau von Körner- und Grünfuttererbsen im Trockengebiet Österreichs – Ertragsleistung und Vorfruchtwirkung

G. Pietsch* & B. Freyer*

Einleitung

Die Erbse ist im Trockengebiet im Osten Österreichs die wichtigste Körnerleguminose im Ökologischen Landbau, sowohl in ihrer Funktion als Leguminose zur Versorgung des Betriebes mit Stickstoff, als auch für die Futterproduktion (Geflügel und Schweine). Die Erbsen nehmen allerdings nur einen geringen Flächenanteil in der Praxis ein. Dies ist auf die schwierigen Anbaubedingungen und die vergleichsweise geringe Wirtschaftlichkeit bei hohem Anbaurisiko zurückzuführen. Unter der Annahme einer richtigen Stellung in der Fruchtfolge gelten der Ertrag, die N₂-Fixierungsleistung, die Konkurrenzkraft gegenüber Beikräutern und das Auftreten von Schaderregern als die wichtigsten Merkmale in der Entscheidungsfindung der Sortenauswahl.

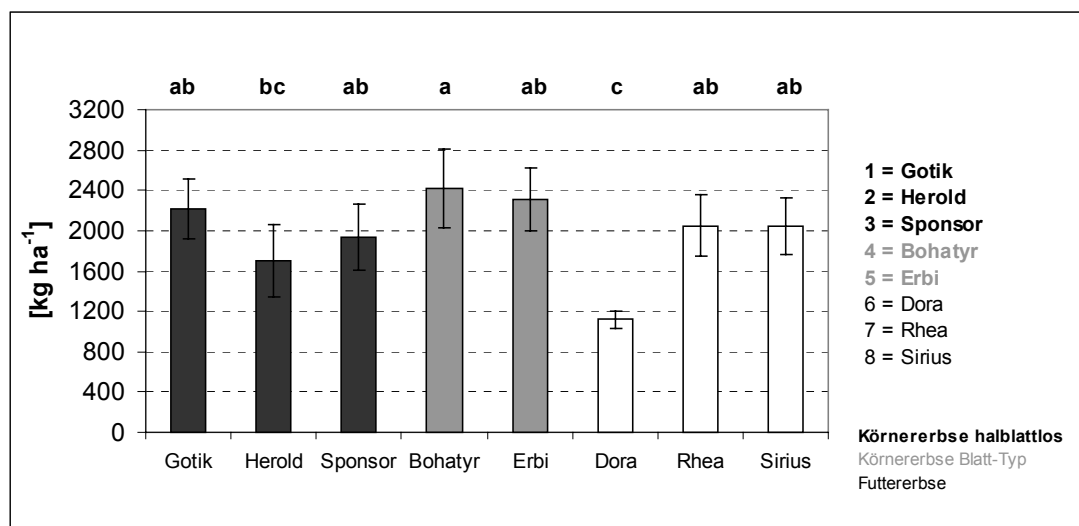
Material und Methoden

Auf den Versuchsflächen des Institutes für Ökologischen Landbau (nordöstliches Flach- und Hügelland des Marchfeldes) wurden in Feldversuchen (Saattermin März 2002 und 2003) Körner- und Futtererbsensorten angebaut und hinsichtlich Korn-, Stroh- und Wurzelertrag, N₂-Fixierleistung und Vorfruchtwert (Nachfrucht Winterweizen: Saattermin Oktober 2002 und 2003) geprüft. Die Versuchsflächen befinden sich in Raasdorf auf einer Seehöhe von ca. 150 m. Der Boden entspricht einem tiefgründigem Tschernosem aus Löß der Bodenart schluffiger Lehm, einem Humusgehalt von 4-5% und einem pH-Wert (CaCl₂) von 7,6. In beiden Vegetationsperioden wurden geringfügig höhere Monatsmitteltemperaturen als im langjährigem Mittel festgestellt (+ 2°C). Von März bis Juli 2002 wurde eine höhere Niederschlagssumme (+ 90 mm), von April bis Juni 2003 geringere Niederschläge gegenüber dem langjährigen Mittel beobachtet (- 93 mm). Die Schätzung der N₂-Fixierungsleistung erfolgte mit der erweiterten Differenzmethode (Stülpnagel 1982).

Ergebnisse und Diskussion

Bedingt durch die hohen Temperaturen im Juli kam es zu einer gleichmäßigen Abreife aller geprüften Erbsensorten. Um die Konkurrenzfähigkeit der Sorten gegenüber Beikräutern zu beurteilen, wurde der Blattflächenindex (LAI) herangezogen. Die Grünfuttererbsen-Sorten Dora (3,5) und Sirius (3,4) erreichten die höchsten LAI-Werte, gefolgt von den halblattlosen Körnererbsensorten Erbi und Bohatyr. Wegen der stärkeren Beschattung und Beikrautunterdrückung werden die Grünfuttererbsen und Blatt-Typen der Körnererbse im Ökologischen Anbau gerne angebaut, während sie im konventionellen Anbau nur eine untergeordnete Rolle spielen. Neben der Körnererbsen-Sorte Gotik zeichneten sich die Blatt-Typen Bohatyr und Erbi durch hohe Korn-Trockenmasseerträge aus (siehe Abbildung 1). Aber auch der Kornertrag der Grünfuttererbsen unterschied sich nur in Einzelfällen (Sorte Dora) signifikant von den Körnererbsen-Sorten. Beim Erbsenstroh (2286-2972 kg ha⁻¹) und den Erbsenwurzeln (37-57 kg ha⁻¹) wurden keine Unterschiede zwischen Körner- und Grünfuttererbsen-Sorten und den beiden Wuchstypen der Körnererbse festgestellt.

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien



Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Tukey-Test $P < 0,05$)

Abb. 1: Korntrockenmasse-Ertrag in kg ha^{-1} der untersuchten Erbsen-Bestände in 2003

Die Analysen der Stickstoffgehalte ergaben einen signifikant höheren Rohprotein-Gehalt im Korn der Futtererbsen (25,4% N) gegenüber den Körnererbsen (23,6% N). Die Grünfuttererbsen-Sorten bei Körnernutzung waren hinsichtlich ihrer N_2 -Fixierleistung und ihres Vorfruchtwertes gegenüber Körnererbsen als gleichwertig zu beurteilen (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: N_2 -Fixierleistung (kg ha^{-1}) und Ndfa (Anteil N aus der Luft in %) von Erbsenbeständen 2003 sowie TM-Kornerträge (kg ha^{-1}) und Rohprotein-Gehalt der Winterweizenfolgefrucht (Erntejahr 2003)

Sorte	Körner-/Futtererbse Wuchstyp	ERBSE		WEIZEN	
		N_2 -Fixierleistung [kg ha^{-1}]	Ndfa [%]	Kornertrag [kg ha^{-1}]	Rohprotein [%]
Gotik	Körnererbse halblattlos	38,7	31	3695	12,6
Herold	Körnererbse halblattlos	25,1	21	3381	12,9
Sponsor	Körnererbse halblattlos	39,6	32	3598	12,9
Bohatyr	Körnererbse Blatt-Typ	47,2	35	3903	12,8
Erbi	Körnererbse Blatt-Typ	47,3	34	3543	13,4
Dora	Grünfuttererbse	23,2	21	3496	12,9
Rhea	Grünfuttererbse	53,3	39	3146	14,0
Sirius	Grünfuttererbse	32,4	28	3499	13,3

Da sowohl das Auftreten von Beikräutern als auch der Schädlingsdruck (Blattläuse, Erbsenkäfer) in den Grünfuttererbsenbeständen geringer war als in den Körnererbsenbeständen, stellen Grünfuttererbsen in Körnernutzung eine interessante Alternative für den Ökologischen Landbau dar.

Literatur

Stülpnagel, R. 1982: Schätzung der von Ackerbohnen symbiotisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 150: 446-458.

Ertragsentwicklung von Erbsen sowie Sommergerste in Reinsaat und in Mischung mit Leindotter oder Koriander im Ökologischen Landbau

G. Pietsch*, C. Gabler*, H. Wagenristl** & B. Freyer*

Einleitung

Mischkulturen können unterschiedliche Wachstumsbedingungen besser ausschöpfen als Monokulturen. Im Gemenge mit Leguminosen können Nicht-Leguminosen überschüssigen Stickstoff aus der Bodenlösung aufnehmen. Ein ökonomischer Zusatzertrag wird bei einer Beimengung von Leindotter zu Erbsen oder Sommergerste diskutiert.

Material und Methoden

Im Jahr 2003 wurden folgende Mischkulturvarianten in jeweils eigenen Versuchen mit vierfacher Wiederholung in randomisierten Blockanlagen bezüglich ihrer Ertragsleistung untersucht: a) Erbse; Erbse-Leindotter 3 kg/ha; Erbse-Leindotter 5 kg/ha; b) Erbse; Erbse-Koriander 20 kg/ha; c) Sommergerste; Sommergerste-Leindotter 3 kg/ha; Sommergerste-Leindotter 5 kg/ha; Leindotter 3 kg/ha; Leindotter 5 kg/ha; d) Sommergerste; Sommergerste-Koriander 20 kg/ha; Koriander.

Versuchsstandort ist die Versuchswirtschaft Gross Enzersdorf der Universität für Bodenkultur, Standort Raasdorf mit einer Seehöhe von 150-160 m. Der jährliche Niederschlag im Jahr 2003 betrug 450 mm (langjährig 554 mm), die durchschnittliche Temperatur 10,4 °C (9,8 °C). Bei den Böden handelt es sich um Tschernoseme aus Löß der Bodenart schluffiger Lehm, einem Humusgehalt von 4 - 5% und einem pH-Wert (CaCl₂) von 7,5. Die Niederschlagsverteilung und der Temperaturverlauf waren durch eine Trockenphase geprägt. Von März bis Juli fielen im Vergleich zum langjährigen Mittel 100 mm weniger.

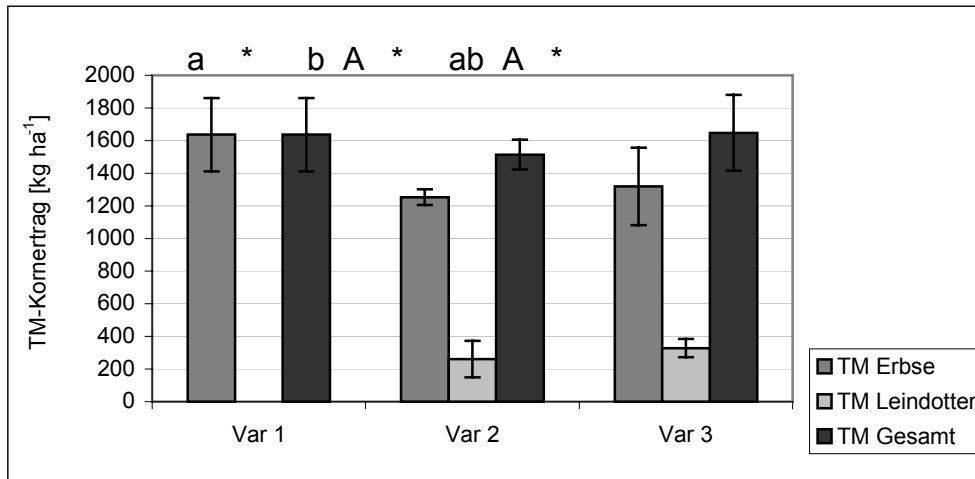
Ergebnisse und Diskussion

Erbsenreinsaaten erreichten im Vergleich zu beiden Leindotter-Varianten gesichert höhere Erträge; Erbsen mit resp. ohne Koriander unterschieden sich nicht. Sommergerste-Reinsaaten waren bezüglich dem Ertrag den Mischungen mit Leindotter überlegen; Koriander wurde von der Sommergerste vollständig unterdrückt. Der Leindotter diente der Erbse als Stützfrucht. Ein Einfluss des Leindotters und des Korianders auf den Schaderregerbefall der Erbse ließ sich nicht feststellen. Die Beikrautunterdrückung über den Leindotter ist mittelstark. Als maßgeblich ertragslimitierend auf die Entwicklung der Mischkulturen, hat sich der um 100 mm geringere Niederschlag in der Vegetationsperiode ausgewirkt. Die zum Teil hohen Standardabweichungen sind auf die inhomogenen Bodenverhältnisse zurückzuführen, die insbesondere bei Trockenheit sichtbar werden. Eine Erhöhung der Saatstärken bei Koriander auf 25 kg/ha kann zu einer besseren Ertragsentwicklung beitragen. Bei Leindotter ist eine Tendenz zugunsten von 5 kg/ha Saatmenge erkennbar. Eine frühzeitigere Aussaat von ca. ein bis zwei Wochen von Koriander kann den Konkurrenznachteil gegenüber

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien

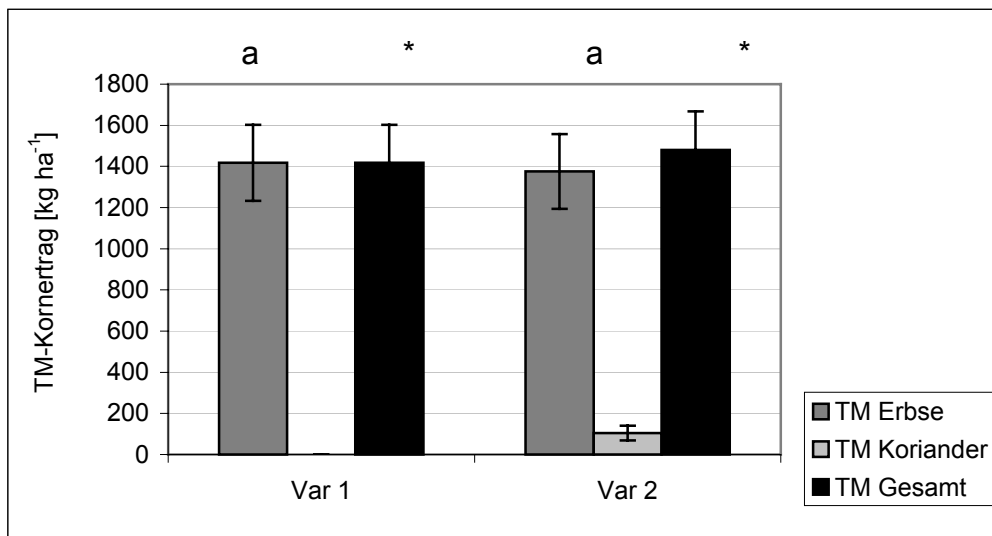
** Universität für Bodenkultur Wien, Department für angewandte Pflanzenbauwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie (Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf), Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien

Erbse und Sommergerste partiell mindern. Um die Erntetermine von Erbse und Sommergerste mit der Leindotterernte terminlich abzustimmen, ist der Leindotter eine Woche später zu säen. Abschließend kann festgehalten werden, dass unter limitierenden Niederschlägen im pannonischen Klimaraum dem Mischkulturanbau enge Grenzen gesetzt sind.



Mittelwerte mit gleichen Buchstaben bzw. gleicher Sternenzahl unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Tukey-Test $P < 0,05$)

Abb. 1: Erträge Erbse-Leindotter



Mittelwerte mit gleichen Buchstaben bzw. gleicher Sternenzahl unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Tukey-Test $P < 0,05$)

Abb. 2: Erträge Erbse-Koriander

Die Diversität der Boden-Mikroflora ist bei Rottemistdüngung höher als bei Mineraldüngung

Joachim Raupp*, Anne Niehus & Meike Oltmanns

Einleitung

Aus Langzeitversuchen ist bekannt, dass organische Düngung in Form von Stallmist die bodenbiologischen Eigenschaften stärker fördert als Mineraldüngung (Asmus, 1992; Mäder & Raupp, 1995). Dabei wurden in der Regel quantitative Merkmale wie der Gesamtgehalt organisch gebundenen Kohlenstoffs (C_{org}), diverse Enzymaktivitäten oder die Größe der mikrobiellen Biomasse (C_{mik}) untersucht. Daraus geht nicht hervor, ob es Änderungen in der qualitativen Zusammensetzung der Mikroflora gegeben hat, d.h. ob die Art der Düngung bestimmte Gruppen von Mikroorganismen (verbunden mit ihren speziellen physiologischen Leistungen) im Laufe der Jahre selektiert hat. Daher wurde die Substratnutzungsfähigkeit der Bodenmikroflora (Abbau verschiedener C-Quellen) in einem Versuch mit langjähriger Rottemist- und Mineraldüngung untersucht.

Material und Methoden

In einem Langzeitversuch werden Stallmist (mit und ohne Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate) und Mineraldüngung seit 1980 miteinander verglichen (Raupp, 2001). Jede Düngungsart wird in 3 Stufen, entsprechend 60, 100 und 140 kg ha⁻¹ N gegeben. Im Mai 2003 wurden in einem wachsenden Weizenbestand Bodenproben aus 0-25 cm Tiefe entnommen, um die Fähigkeit der Mikroflora zur Nutzung verschiedener Kohlenstoffquellen (BIOLOG®-Verfahren) und andere bodenbiologische Parameter zu untersuchen. Die Abbaurate von 31 verschiedenen C-Quellen (EcoPlate™, Fa. Biolog Inc. Hayward, Cal., USA) durch die extrahierten Bodenmikroorganismen wurde 5 Tage lang photometrisch bei 595 nm gemessen und in Anlehnung an Garland & Mills (1991) ausgewertet. Als Maß für die Diversität der Mikroflora wurde mit den Extinktionswerten der Shannon-Index HS berechnet (Zak et al., 1994). In der Abbildung sind die HS-Werte jeder Variante, gemittelt über die 4 Feldwiederholungen sowie ihr Standardfehler angegeben.

Ergebnisse und Diskussion

Der Shannon-Index lag in der Regel zwischen 2,3 und 3,2, wobei sich die Mittelwerte der Düngungsarten nur geringfügig unterschieden. Der Faktor Düngermenge hatte bei den Rottemistvarianten keinen Einfluss auf die mikrobielle Diversität. Bei Mineraldüngung dagegen ging die Diversität mit Steigerung der Düngermenge deutlich zurück (Abb. 1). Dieser Effekt war zu mehreren Messzeitpunkten statistisch gesichert. In Stufe 3 der Mineraldüngung (140 kg ha⁻¹ N) war die mikrobielle Diversität am stärksten eingeschränkt. Nur bei niedriger und mittlerer Dosierung lag der Shannon-Index nach Mineraldüngung auf ähnlichem Niveau wie in den Mistvarianten.

Die Ergebnisse deuten in die gleiche Richtung wie frühere Untersuchungen dieses Versuches, in denen bei Mineraldüngung ein niedrigerer C_{org} -Gehalt, eine geringere mikrobielle Biomasse und schwächere Enzymaktivitäten als in den Rottemistvarianten gefunden wurde (Bachinger, 1996). In Verbindung mit den Ergebnissen des Shannon-Index ist anzunehmen, dass die geringere mikrobielle Biomasse bei intensiver Mineraldüngung mit einem Verlust an bestimmten physiologischen Leistungen

* Institut für Biologisch-Dynamische Forschung e.V., 64295 Darmstadt; raupp@ibdf.de

der Bodenflora verbunden ist. Genauere Aussagen darüber, welche metabolischen Reaktionen fehlen oder um welche genetischen Gruppen von Mikroorganismen es sich handelt, sind mit der hier angewendeten Methode (BIOLOG®-Verfahren) nicht möglich. Die in diesem Test eingesetzten Substrate lassen sich zwar bestimmten Substanzklassen zuordnen, die Substratnutzung der Mikroflora unserer Düngungsvarianten ließ jedoch keine Präferenz für bestimmte Substanzklassen erkennen.

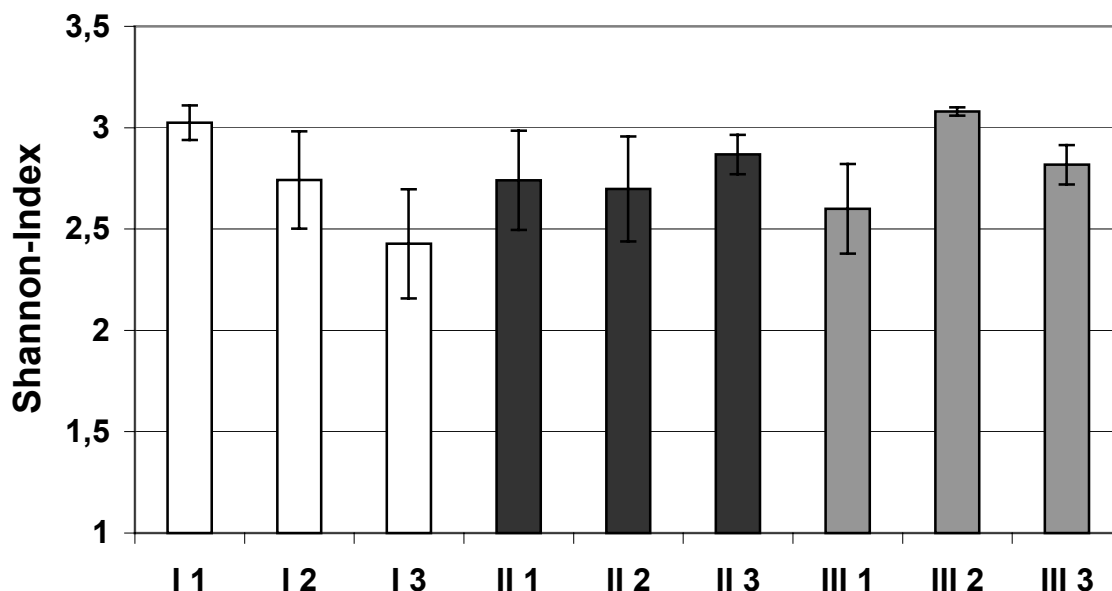


Abb. 1: Diversität der Bodenmikroflora (Shannon-Index mit Standardfehler) bei Mineraldüngung (I), Rottemistdüngung (II) und Rottemistdüngung mit biologisch-dynamischen Präparaten (III), jeweils in 3 Mengen, 70 Std. nach Testbeginn

Literatur

- ASMUS, F. (1992): Einfluß organischer Dünger auf Ertrag, Humusgehalt des Bodens und Humusreproduktion. Ber. Ldw., 206. Sonderheft, Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Band 4, Humushaushalt; 127-139
- BACHINGER, J. (1996): Der Einfluß unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und die räumliche Verteilung von bodenchemischen und -mikrobiologischen Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. Diss. Univ. Gießen
- GARLAND, J.L.; MILLS, A.L. (1991): Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level-sole-carbon-source utilization. *Applied and Environmental Microbiology* 57, 2351-2359
- MÄDER, P.; RAUPP, J. (eds.) (1995): Effects of low and high external input agriculture on soil microbial biomass and activities in view of sustainable agriculture. Proc. 2nd Meeting Concerted Action Fertilization Systems in Organic Farming (AIR3-CT94-1940), Oberwil, 15-16 Sep. 1995
- RAUPP, J. (2001): Forschungsthemen und Ergebnisse eines Langzeitdüngungsversuchs in zwei Jahrzehnten; ein Beitrag zur Bewertung von pflanzenbaulichen Langzeitversuchen. *Berichte über Landwirtschaft* 79, 71-93
- ZAK, J.C.; WILLIG, M.R.; MOORHEAD, D.L.; WILDMANN, H.G. (1994): Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. *Soil Biol. Biochem.* 26: 1101-1108

Verwendung von Halbleiter-Sensorarrays (“elektronischen Nasen”) in Verbindung mit analytischen Daten bei der deskriptiven Untersuchung der Stallmistrotte

Joachim Raupp*, Meike Oltmanns* & Jörn Heinlein**

Einleitung

Elektronische Nasen sind chemosensorische Messsysteme, mit denen man die Geruchsentwicklung unterschiedlichster Materialien deskriptiv erfassen kann. Die Sensoren reagieren meist wenig spezifisch auf einzelne Substanzen, aber sie erstellen ein “chemisches Abbild” der Gesamtheit gasförmiger Emissionen des Probenmaterials. Bisher wurden Chemosensoren beispielsweise zur Geruchsüberwachung von Kompostierungsanlagen eingesetzt (Bockreis & Jager, 1998). Wir haben untersucht, ob elektronische Nasen in der Lage sind, verschiedene Partien Rottemist sicher zu unterscheiden. Parallel dazu wurde die Rottetemperatur gemessen und eine Reihe von Inhaltsstoffen bestimmt.

Tab. 1: Rottetemperatur in Mistmieten mit Zugabe der biologisch-dynamischen Präparate (bdP) und Kontrollmieten (Ko), Mittel aus 2 Mieten je Variante; Lufttemperatur zum gleichen Zeitpunkt (Dekadenmittel); s.e. = Standardfehler

Rotte-Tage (Datum)	Variante	Misttemp. (°C)	s.e.	Lufttemp. (°C)
4 (04.10.)	bdP	60,5	0,79	9,5
	Ko	60,0	1,29	
7 (07.10.)	bdP	57,1	2,21	9,5
	Ko	56,5	2,82	
56 (25.11.)	bdP	14,0	0,32	3,9
	Ko	14,4	0,41	
160 (15.03.)	bdP	6,1	0,17	2,3
	Ko	6,9	0,20	

Material und Methoden

Am 30.09.2003 wurden 4 Mieten mit Rindermist aufgesetzt, von denen 2 mit den biologisch-dynamischen Präparaten versehen wurden. Anschließend wurden alle Mieten mit Stroh abgedeckt. Zu Beginn enthielt der Mist 1,95 % TS Stickstoff und 478 ppm TS Ammonium-N. In den folgenden 6 Monaten wurden die Mieten viermal beprobt (am 04.10., 07.10., 25.11. und 15.03.). Die Misttemperatur wurde fortlaufend gemessen. Im Rottegut wurden die Gehalte an Asche, Gesamt-N, Nitrat und Ammonium bestimmt sowie Messungen mit Chemosensoren (Halbleiter-Sensorarray Typ Portable Nose, Fa. Airsense, Schwerin) durchgeführt. Die Sensordaten wurden mit multivariaten Methoden (PCA, LDA) statistisch ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Der Rotteverlauf war durch eine lange und ausgeprägte Heißphase mit Temperaturen von 60 °C und darüber gekennzeichnet. Zwischen den präparierten und den unpräparierten Mieten hat sich die Misttemperatur zu keinem Probenahmezeitpunkt

* Institut für Biologisch-Dynamische Forschung e.V., 64295 Darmstadt; raupp@ibdf.de

** ÖkoMetri-Institut für die Qualifizierung ökologischer Produkte e.V.; 27404 Elsdorf-Rüspel

signifikant unterschieden (Tab. 1). Dies haben auch Boos et al. (1997) beobachtet. Das gleiche gilt für die untersuchten Inhaltsstoffparameter (aus Platzgründen nicht dargestellt). Die Sensorarray-Messwerte zeigten eine klare Unterscheidbarkeit der Proben verschiedener Zeitpunkte, wobei die Differenzen mit der Zeit tendenziell zunahmen. Am letzten Termin (15.03.) ließen sich auch die präparierten Mistproben von den nicht präparierten unterscheiden (Abb. 1). Die Sensorarrays waren somit in der Lage, den Rotteverlauf klar abzubilden. Eindeutige Beziehungen der Sensordaten zu Inhaltsstoffen konnten jedoch nicht gefunden werden. Wir werden versuchen, diese Methode weiter zu entwickeln, um sie für die Verfolgung des Rotteprozesses einzusetzen.

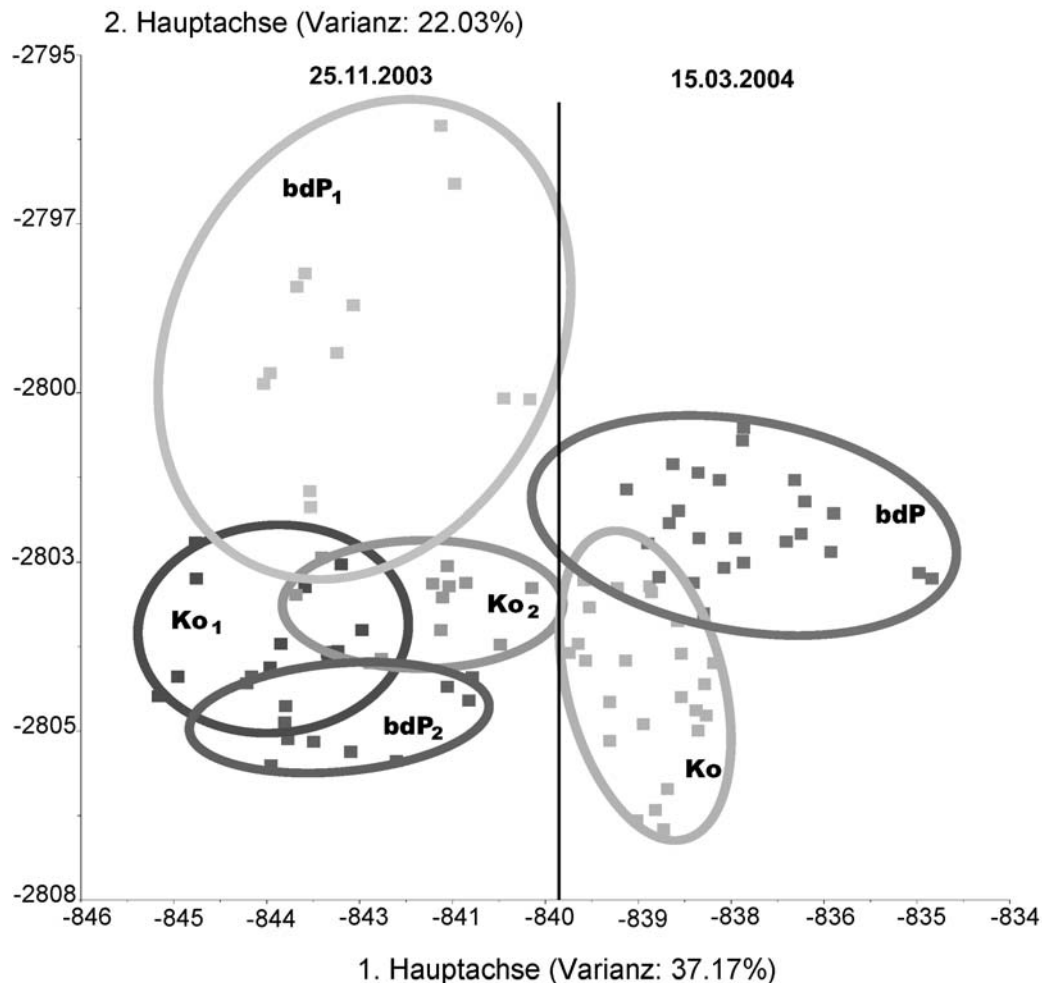


Abb. 1: LDA-Analyse der Sensorarray-Messwerte von Rottemistproben verschiedenen Alters und von Mistmieten mit (bdP) und ohne (Ko) Zugabe biologisch-dynamischer Präparate; am 25.11. sind die beiden Wiederholungen der Varianten getrennt dargestellt

Literatur

- BOCKREIS, A.; JAGER, J. (1998): Einsatz einer „künstlichen Nase“ zur kontinuierlichen Geruchsüberwachung von Kompostierungsanlagen. VDI Berichte 1373, 89-97
- BOOS, M.; FRIEDEL, J.; RAUPP, J.; RÖMHELD, V. (1997): Verfahren zur Probenahme und Untersuchung der Stallmistkompostierung unter Feldbedingungen mit Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, 3.-4. März 1997, Bonn; Verlag Dr. Köster, Berlin; 615-620

Amaranth-Ergebnisse von Anbauversuchen in Norddeutschland in den Jahren 2001 - 2003

Gerhard Sauerbeck*

Einleitung

Die Wiederentdeckung und intensive Erforschung von Amaranth als Nahrungspflanze führt seit etwa 1976 zunächst in den USA zu einer stärkeren lokalen Verbreitung in Prärie-Regionen und Bergregionen Colorados sowie einer Züchtung geeigneter Sorten. In Europa findet die Kultur zunehmend Interesse im Anbau. Vorzugsweise in südlich geprägten Klimabereichen wie Süddeutschland, Österreich, der Tschechischen Republik sowie Polen und Ungarn existieren erste Anbauflächen und Vertriebsorganisationen werden aufgebaut. Seit 2001 werden auf schluffigem Sand der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, stellvertretend für norddeutsche Klimaregionen, verschiedene Amaranth-Sorten im Anbau getestet.

Material und Methoden

In Kleinparzellenversuchen von 10 (2002) bzw. 18 m² (2003) wurden europäische und amerikanische bzw. asiatische Amaranthsorten angebaut und auf ihre Ertragsfähigkeit, Phaenologie und Anpassungsfähigkeit überprüft. Hierbei wurden auch neue Züchtungslinien aus Österreich (Firma ZENO, Neuer Typ) im Anbau eingesetzt. Die Pflanzendichte betrug 60 Pfl./m², wobei im Jahr 2003 auch die Auswirkung von geringeren Dichten von 30 Pfl./m² auf den Ertrag bonitiert wurde. Die Bestände wurden mit 60 kg N/ha und 120 kg K₂O/ha bei ausreichender Phosphatversorgung des Bodens gedüngt. Da die Witterung im Jahre 2002 mit 476 mm Niederschlag (2002) in der Vegetationsperiode extrem feucht und bei 249 mm (2003) sehr trocken war, wurden die Untersuchungen unter für Norddeutschland untypischen Extremwittersituationen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1: Biomasse-Ertrag in kg TS/m² in den Jahren 2002 und 2003 (60 Pfl./m²)

Jahr	Bärnkraft	Neuer Typ	Pastevny	D-001-A	RAWA
2002	0,88 ± 0,18	0,7 ± 0,15	1,0 ± 0,03	0,73 ± 0,15	
2003	0,84 ± 0,07	0,56 ± 0,14	0,96 ± 0,11		0,87 ± 0,04

Sorten: Bärnkraft *A. cruentus* (D); Neuer Typ *A. hybridus* (AU); Pastevny *A. hypochondriacus* (Russl.); D-001-A *A. hybridus* x *A. cruentus* (CZ) und RAWA *A. cruentus* (PL)

Der Biomasseertrag der geprüften Sorten lag zwischen 6 und 10 t/ha und wurde maßgeblich durch die Pflanzenhöhe mit 70 cm (Neuer Typ) sowie 110-135 cm (Pastevny) bestimmt (Tab. 1). Die Verhältnisse kehren sich um, wenn der Kornertrag betrachtet wird (Abb. 1). Trotz Beregnung fielen die Kornerträge 2003 niedriger aus. In beiden Jahren erbrachte die neue Zuchtlinie "Neuer Typ" mit 20 - 30 dt/ha die höchsten Kornerträge und zeichnete sich durch Frühreife nach 90-110 Tagen aus. Infolge teilweise kräftigere Pflanzenbestände führten geringere Bestände von 30 Pfl./m² nicht zu einen Rückgang des Kornertrages (Tab. 2). Dies deutet auf eine hohe Kompensationsfähigkeit von geringeren Pflanzendichten, sodaß in Europa auch Bestandesdichten unter 60 Pfl./m² ausreichende Erträge bilden können. Von den nicht europäischen Sorten erwiesen nur die Sorten K 283 und Amont

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, FAL-Braunschweig

(*A. cruentus*, USA, Montana bzw. Pennsylvania) Kornerträge bis zu 20 dt/ha und ausreichend kurze Abreifeperioden auf (Abb. 2).

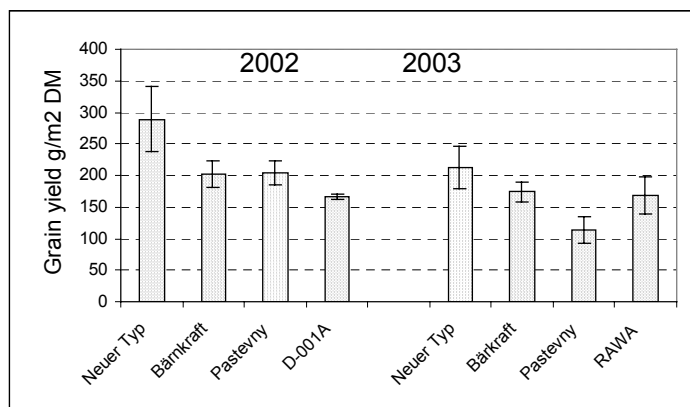


Abb. 1: Kornerträge in g/m² TM in den Jahren 2002 und 2003 (60 Pfl./m²)
LSD (p = 5%): 2002 = 46 g; 2003 = 9 g)

Tab. 2: Biomasse, Kornertrag und TKG in Abhängigkeit von Pflanzendichte im Jahr 2003 (Durchschnitt von 4 Wdh mit Standardabweichung)

	Dichte	Bärnkraft	Neuer Typ*	A 2000 D	RAWA
Biomasse t TM/ha	30 Pfl.	6,79 ± 0,9	4,78 ± 0,5	7,11 ± 0,5	7,81 ± 1,0
	60 Pfl.	8,02 ± 0,2	5,87 ± 0,6	6,34 ± 1,8	8,75 ± 0,5
Kornertrag t TM/ha	30 Pfl.	1,6 ± 0,18	2,0 ± 0,04	1,7 ± 0,27	1,5 ± 0,15
	60 Pfl.	1,7 ± 0,15	2,2 ± 0,22	1,6 ± 0,16	1,5 ± 0,14
TKG in g	30 Pfl.	0,64	0,72	0,74	0,73
	60 Pfl.	0,68	0,76	0,71	0,71

* Neuer Typ, rote Blütenfarbe,

TKG im Vergleich im Jahre 2002 in g (60 Pfl./m²): Bärnkraft 0,95, Neuer Typ 1,25

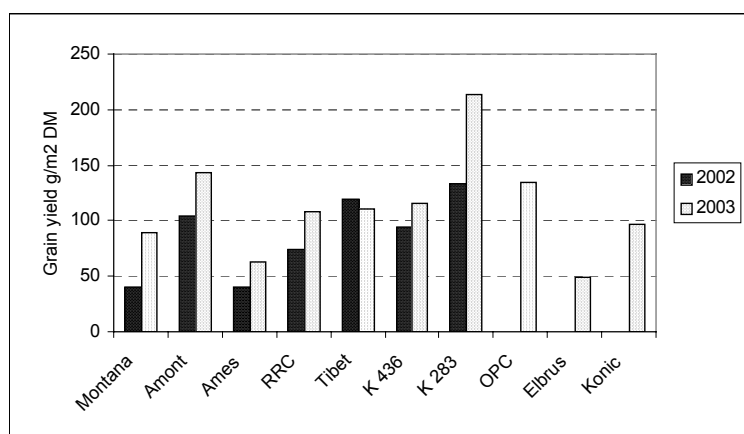


Abb. 2: Kornerträge unterschiedlicher nichteuropäischer Amaranthsorten
Montana (USA, Montana); Amont (USA, Montana); Ames (USA, Iowa), RRC
(Argentinien), Tibet (China), K 436, K 283 (USA, Pennsylvania), OPC, Elbrus, Konic
(CZ) (alle Sorten überwiegend *A. cruentus*)

Auswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme im Ökologischen Landbau auf Bodenparameter und Entwicklung der Pflanzen

*Andreas Surböck, Manfred Gollner, Markus Heinzinger,
Jürgen K. Friedel & Bernhard Freyer

Einleitung

Im Ökologischen Landbau wird ein nachhaltiges Nährstoffmanagement durch eine effiziente Nutzung der Nährstoffvorräte des Bodens sowie über ein weitgehendes Schließen der Nährstoffkreisläufe erzielt. Bei der Umstellung auf die ökologische Bewirtschaftung wurden aufgrund Änderungen der Fruchtfolge und einer organischen Düngerwirtschaft positive Auswirkungen auf die Qualität der organischen Bodensubstanz, den Humushaushalt und die Bodenstruktur beobachtet (Fließbach et al., 2000; Friedel und Gabel, 2001). Bei viehloser Wirtschaftsweise werden Nährstoffe durch den Verkauf von Marktfrüchten exportiert. Da tierische Dünger nicht zur Verfügung stehen, fehlen deren positive Effekte auf die Bodenstruktur, auf das Bodenleben und die Mobilisierung bodeneigener Nährstoffe. Mittel- bis langfristig sind negative Konsequenzen auf die Bodenfruchtbarkeit, die Erträge sowie auf die Qualität der Ernteprodukte nicht auszuschließen. Strategien sind zu entwickeln, diese Defizite der viehlosen Bewirtschaftung zu beheben oder zumindest zu verringern. Die aus dem Betriebssystem verkauften Nährstoffe können in Form von Kompost aus biogenen Rest- und Abfallstoffen rückgeführt werden. Eine extensive Rinderhaltung kann in das Betriebssystem eingebunden werden.

In einem langfristig angelegten Monitoring wird von daher der Frage nachgegangen, wie sich drei unterschiedliche Düngungssysteme (nur Gründüngung – DV 1, zusätzlich Zufuhr von Grüngutkompost – DV 2, zusätzlich Zufuhr tierischer Dünger – DV 3) langfristig auf Boden und Pflanze auswirken.

Material und Methoden

Die Untersuchungen werden auf dem Biobetrieb Rutzendorf, einem Teilbetrieb der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften GmbH, durchgeführt. Der Praxisbetrieb liegt im Marchfeld im Osten Niederösterreichs. Gemäß der achtfeldrigen Leitfruchtfolge wurde die gesamte Ackerfläche in 8 Schläge unterteilt. Leitfruchtfolge: 1. Jahr: Luzerne, 2. Jahr: Luzerne, 3. Jahr: Winterweizen + Zwischenfrucht, 4. Jahr: Kartoffel, 5. Jahr: Getreide + Zwischenfrucht, 6. Jahr: Körnerleguminose + Zwischenfrucht, 7. Jahr: Getreide + Zwischenfrucht, 8. Jahr: Getreide + Untersaat Luzerne. Auf allen Schlägen wurden Kleinparzellenversuche (randomisierte komplette Blockanlage in vierfacher Wiederholung) zum Feststellen von Veränderungen in Abhängigkeit der Düngungsvarianten (DV) angelegt. Die Versuchsflächen werden wie die Gesamtschläge bewirtschaftet, wobei die Düngung und die Ertragsfeststellung parzellenspezifisch erfolgt. Es werden die Entwicklung der Bestände, das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen, der Ertrag und verschiedene Qualitätsparameter erhoben. Beim von den Parzellen abefahrenen Erntegut und dem eingesetzten Dünger werden die Mineralstoffgehalte an Stickstoff, Phosphor und Kalium ermittelt. An Bodenparametern werden die Nitratverlagerung, die Stickstoffnachlieferung, die mi-

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien

mikrobielle und pilzliche Biomasse, der mineralische Stickstoff und die Infektion der Wurzeln mit Mykorrhizapilzen untersucht. Mittels Spatenprobe und Penetrometer wird die Bodenstruktur beurteilt. Grundlage für die Berechnung der Aufwandmenge an Kompost für die DV 2 sind die negativen Bilanzsalden der Leitfruchtfolge an Phosphor und Kalium, welche mit zwei Kompostgaben je Schlag innerhalb einer Fruchtfolgerotation ausgeglichen werden sollen. Die zweijährige Luzerne liefert die Futtergrundlage für eine Mutterkuhherde mit umgerechnet 0,5 GVE/ha, anhand derer der jährliche Mistanfall berechnet wird.

Die beschriebenen Untersuchungen sind Teil eines umfassenden Langzeitmonitorings zur Entwicklung des Agrarökosystems unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojekts.

Die Stickstoffnachlieferung wurde im anaeroben Brutversuch ermittelt. Die Gehalte an mikrobieller Biomasse wurden mittels Fumigations-Extraktions-Methodik durchgeführt. Der Ergosterolgehalt, als Summenparameter für die pilzliche Biomasse, wurde durch alkalische Extraktion und Auftrennung der Extraktionsprodukte mittels HPLC festgestellt (Djakirana et al. 1996).

Ergebnisse und Diskussion

Das erste Projektjahr 2003 diente zur Einrichtung der Versuchsflächen für das Langzeitmonitoring und zur Erhebung der Ausgangssituation zu Beginn der Umstellung und der Düngung. Die statistische Auswertung erster Ergebnisse (ANOVA, paarweiser Mittelwertvergleich nach Tukey, $p < 0,05$) zeigt, dass sich die Parzellenblöcke für die Düngungsversuche bezüglich ertragsrelevanter Bodenparameter und Ertrag nicht voneinander unterscheiden. Die ausgewählten Parzellenblöcke sind von daher als Untersuchungsstandort für die Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten geeignet.

Tab. 2: Ertrag und Bodeneigenschaften vor Anlage der Düngungsvarianten (DV 1-DV 3) in einem Kleinparzellenversuch.

Untersuchungsparameter/Düngungsvarianten	DV 1		DV 2		DV 3	
	MW	STW	MW	STW	MW	STW
Stickstoffnachlieferung ($\mu\text{gNH}_4\text{-N/gTS}$ Boden/7d)	20,3 a	2,2	19,3 a	1,0	18,3 a	1,3
Mikrobielle Biomasse (mg Cmic/kg Boden)	433 a	32	446 a	19	425 a	14
Pilzliche Biomasse (μg Ergosterol/g TS Boden)	1,0 a	0,5	1,1 a	0,3	0,9 a	0,3
Kornertrag Sommergerste (dt/ha)	22,0 a	3,9	24,9 a	1,5	24,3 a	2,0

MW...Mittelwert, STW...Standardabweichung

Literatur

- Djakirana, G., Joergensen, R. G., & Meyer, B. (1996): Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biol. Fertil. Soils* 22, 299-304.
- Fließbach, A., Hany, R., Rentsch, D., Frei, R., & Eyhorn, F. (2000): DOC trial: soil organic matter quality and soil aggregate stability in organic and conventional soil. Alföldi, T., Lockeretz, W., and Niggli, U. (Eds.). S. 11. *Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference*.
- Friedel, J. K. and Gabel, D. (2001): Nitrogen pools and turnover in arable soils under different durations of organic farming: I: Pool sizes of total soil nitrogen, microbial biomass nitrogen, and potentially mineralizable nitrogen. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164, 415-41

Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus der Biogaserzeugung mit Monosubstrat Kartoffeln

Roland Aigeltinger & Frank Ellmer*

Einleitung

In einem Kartoffelveredlungsbetrieb (Friweika eG, Weidensdorf/Sachsen) fallen jährlich ca. 30.000 t Gärrückstand aus der Biogasproduktion an. Der Einsatz von Gärrückstand aus Wirtschaftsdüngern wie Rinder- oder Schweinegülle ist ein anerkanntes Düngeverfahren (Roschke 2003, Pötsch et al. 2004). Hingegen liegen zur Verwendung von Gärrückständen, welche aus organischen Reststoffen wie Kartoffelpülpe, Weizenstroh oder Kompost bestehen in Deutschland bisher keine verwertbaren Erkenntnisse vor. In einem Forschungsvorhaben werden deswegen Möglichkeiten und Grenzen der pflanzenbaulichen Verwertung von Gärrückständen bei ausgewählten Nutzpflanzen untersucht. Dazu dienen Labor- und Gefäßversuche, Parzellenfeldversuche sowie Produktionsexperimente in einem landwirtschaftlichen Betrieb. Im Ergebnis sollen folgende Ziele erreicht werden:

- Bestimmung von Möglichkeiten und Grenzen der pflanzenbaulichen Verwertung von Gärrückständen in Anbauverfahren ausgewählter Nutzpflanzen (Silomais, Weizen, Erbsen, Kartoffeln)
- Ableitung von Einsatzempfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis bei der Anwendung von Gärrückständen im Pflanzenbau in Bezug auf Menge, Form und Zeitpunkt

Material und Methoden

Eigenschaften der Gärrückstände:

100 % pflanzliche Abfälle aus der Kartoffelverarbeitung-Monosubstrat

<u>Inhaltsstoffe:</u>	2,21 %	Trockensubstanzgehalt
	0,19 %	Gesamtstickstoff
	0,02 %	Gesamtphosphat
	0,25 %	Gesamtkalium

Experimentalbasis (zweijährig):

- Mitscherlichgefäßversuch (Standort Berlin-Dahlem)
- Parzellenfeldversuch (Blockanlage) Standort Thyrow/Brandenburg
- Praxisfeldversuch (Streifenanlage) Standort Schönberg/Sachsen

Prüfrüchte: Silomais, Weizen, Erbsen, Kartoffeln

Ergebnisse und Diskussion

Im Versuchsjahr 2003 wurden mit Silomais folgende Ergebnisse erzielt:

1) Parzellenfeldversuch am Standort Thyrow/Brandenburg

Der Feldversuch auf schwach schluffigem Sandboden wurde durch die extreme Trockenheit im Sommer 2003 beeinträchtigt, so dass im Mittel lediglich 74,9 dt ha⁻¹ TM geerntet wurden. Trotzdem erhöhte die Düngung mit Gärrückstand den Trockenmasseertrag um bis zu 17,4 dt ha⁻¹ = 25,2 % (Abb. 1). Ein Splitting auf zwei bzw. drei Düngetermine brachte demgegenüber keine Effekte.

* Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, A.-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; e-mail: roland.aigeltinger@agrar.hu-berlin.de

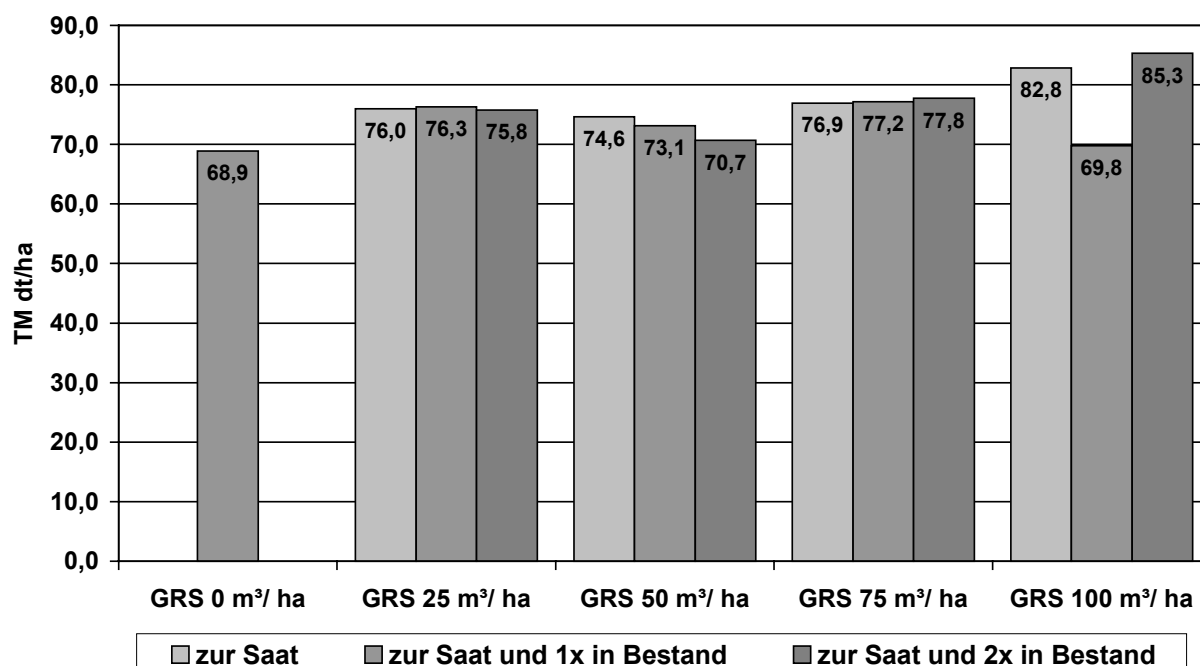


Abb. 1: Einfluss von gestaffelter Gärrückstandsgabe (GRS) und Gabensplitting auf den Trockenmassertrag (dt ha⁻¹) von Silomais

2) Praxisfeldversuch Standort Schönberg/Sachsen

Im Praxisfeldversuch auf sandigem Lehmboden wurden bei Silomais im Mittel 123,4 dt ha⁻¹ TM geerntet. Verglichen mit dem schwach schluffigen Sandboden sind dies 64,8 % mehr. Steigende Mengen an Gärrückstand zwischen 25 und 100 m³ ha⁻¹ erhöhten den Gesamtertrag um 1,5 %, 9,1 %, 16,0 % und 20,2 % (Tab. 1).

Tab. 1: Einfluss von differenzierter Gärrückstandsmenge auf den Ertrag (dt ha⁻¹ TM) von Silomais

Gärrückstand m³ ha ⁻¹	Ertragsparameter		
	Gesamtertrag	Kolbenertrag	Stängelertrag
0	112,8	69,4	43,4
25	114,5	69,6	44,9
50	123,1	73,2	49,7
75	130,9	80,9	50,0
100	135,6	82,1	53,5

Der Kolbenertrag nahm bis zur höchsten Gärrückstandsmenge um 18,3 % zu. Demgegenüber erhöhte sich der Stängelertrag analog um 23,3 %. Demzufolge nutzten die Pflanzen die besseren Wachstums- und Entwicklungsbedingungen im stärkeren Maße zum Aufbau vegetativer Pflanzenmasse.

Literatur

- Roscke, M.: Verwertung der Gärrückstände - Leitfaden „Biogas in der Landwirtschaft“ 2003, <http://www.mlur.brandenburg.de/i/biogas05.htm>
- Pötsch E. M., Pfundtner E., Resch R., Much P.: Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen – 10. Alpenländisches Expertenforum 2004, BAL Gumpenstein Austria

Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf die Erosionsanfälligkeit bei Starkregen

J. Dieckmann*, H. Miller** & H.-J. Koch*

Einleitung

Beim Anbau von Zuckerrüben ist der Boden während der Jugendentwicklung längere Zeit nur unvollständig bedeckt. Wird diese Frucht auf Lössböden in Hanglagen angebaut, besteht ein erhöhtes Risiko für Bodenerosion durch Wasser (Krück et al. 2001). Konservierende Bodenbearbeitung kann einen großen Beitrag leisten, diese erosiven Bodenabträge erheblich zu reduzieren (Schmidt et al. 2001, Zimmerling et al. 2001). Diese Hypothese wird derzeit in einer langjährigen Versuchsserie auf Versuchstandorten in Süd- und Ostdeutschland überprüft.

Material und Methoden

Die Untersuchungen werden auf Großflächen (2,5-10 ha je Variante) durchgeführt, die seit 1992 mit praxisüblichen Maschinen differenziert bearbeitet werden. Geprüft werden die Verfahren Pflug (30 cm tief), Mulch (maximal 10-15 cm tief, mischend) und Direktsaat (keine Bodenbearbeitung mit Ausnahme einer ca. 2 cm flachen Saattbettbereitung zu Zuckerrüben). Die Fruchtfolge besteht aus Zuckerrüben - Winterweizen - Winterweizen. Die Ernterückstände verbleiben im Feld. Vor der Zuckerrübe wird als Zwischenfrucht Senf angebaut, der im Herbst gemulcht wird. Der Mulchdeckungsgrad wurde mit dem Göttinger Schätzrahmen bestimmt. Weiterhin wurden Regenwurmgänge mit einem Durchmesser > 4 mm in 13 cm Bodentiefe gezählt. Die Starkregensimulation erfolgte mit einem Regner der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Berechnet wurden Kleinstflächen (1 m², 5,5% Gefälle) mit einer Niederschlagsintensität von 1 mm pro Minute über einen Zeitraum von 20 Minuten. Der Oberflächenabfluss wurde für jede Minute separat aufgefangen und der darin enthaltene Anteil an abgetragenem Boden bestimmt. Weiterhin wurde die Stabilität von 1-2 mm großen, von der Bodenoberfläche stammenden Bodenaggregaten gemessen. Die Aggregatstabilität gibt den Gewichtsanteil stabiler Bodenaggregate an, deren Durchmesser nach Nasssiebung größer als 0,25 mm ist. Nachfolgend werden die Ergebnisse vom Standort Grombach (Kraichgau, Lößlehm, 75-78 % Schluff, 22-25 % Ton) aus dem Frühjahr 2003 vorgestellt.

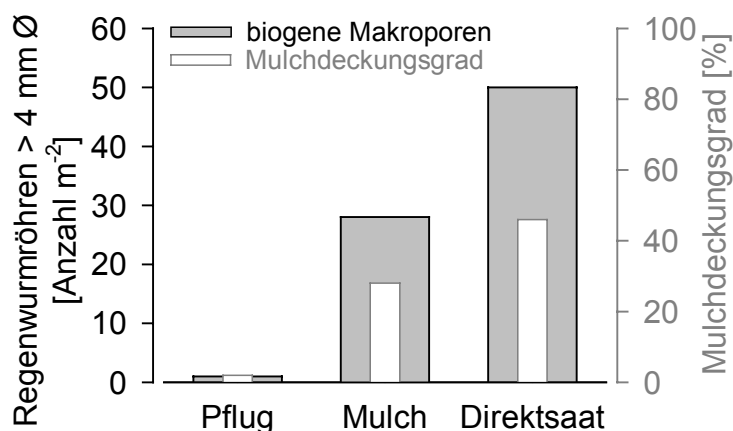
Ergebnisse und Diskussion

In der gepflügten Variante waren nahezu keine organischen Pflanzenrückstände an der Bodenoberfläche zu finden (Abb. 1). Mit abnehmender Bearbeitungsintensität war eine deutliche Zunahme des Mulchdeckungsgrades auf etwa 30 % in der Mulch-Variante und bis zu 50 % in der Direktsaat-Variante zu beobachten. Analog zum Mulchdeckungsgrad stieg auch die Anzahl an Regenwurmporen in 13 cm Bodentiefe von 2 Poren pro m² in Variante Pflug auf über 50 Poren pro m² im Verfahren Direktsaat. Die deutlich höhere Anzahl an Regenwurmporen in den reduziert bearbeiteten Varianten führte gegenüber der Variante Pflug zu einem verminderten Oberflächenabfluss (Abb. 2A). Mit sinkender Bearbeitungsintensität vergrößerte sich ebenfalls die Zeitspanne zwischen Beregnungsbeginn und dem Einsetzen von Oberflächenabfluss. In beiden reduziert bearbeiteten Bodenbearbeitungssystemen war die Stabilität

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

** Südzucker AG, GB Landwirtschaft, Ludwig-Kayser-Str., 74254 Offenau

der Bodenaggregate an der Bodenoberfläche deutlich höher als in der konventionell gepflügten Variante (Abb. 2B.). Sowohl die höhere Aggregatstabilität als auch der höhere Mulchdeckungsgrad führten in den Varianten Mulch und Direktsaat zu einem



deutlich geringeren Gehalt an Bodenpartikeln im Ablauf. Aufgrund des ebenfalls verringerten Oberflächenabflusses sank der Bodenabtrag in den reduziert bearbeiteten Varianten somit beträchtlich. Diese Ergebnisse bestätigen, dass konservierende Bodenbearbeitung einen großen Beitrag zu einer umweltschonenden Zuckerrübenproduktion leisten kann.

Abb. 1: Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf den Mulchdeckungsgrad an der Bodenoberfläche und die Anzahl biogener Makroporen in 13 cm Bodentiefe, Grombach, Mai 2003

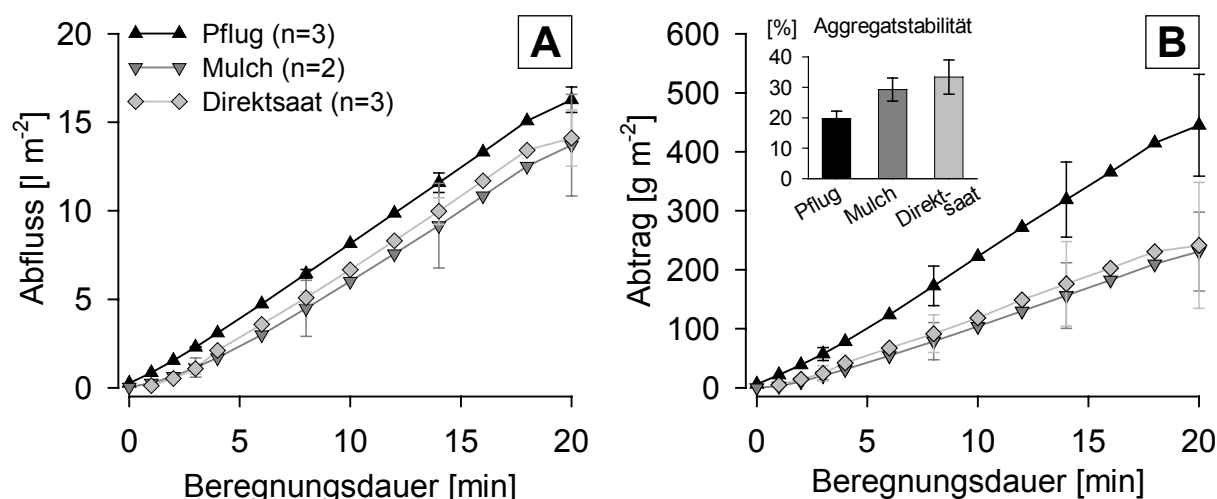


Abb. 2: Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf Oberflächenabfluss (A), sowie Bodenabtrag und Aggregatstabilität (B) bei simuliertem Starkregen, Grombach, Mai 2003

Literatur

Krück, St., Nietzsche, O., Schmidt, W. & Uhlig, U., 2001: Einfluss der Bodenbearbeitung auf Bodenleben und Bodenstruktur. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 96, 747-749.
 Schmidt, W., Stahl, H., Nietzsche, O., Zimmerling, B., Krück, S., Zimmermann, M. & Richter, W., 2001: Konservierende Bodenbearbeitung – die zentrale Maßnahme eines vorsorgenden und nachhaltigen Bodenschutzes. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 96, 771-772.
 Zimmerling, B., Nietzsche, O., Schmidt, W., Krück, St. & Zimmermann, M., 2001: Wasserinfiltration auf konventionell und konservierend bearbeiteten Ackerböden bei Simulation von Intensivniederschlägen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 96, 791-791.

Diese Arbeit wurde vom Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Ochsenfurt unterstützt.

Konsequenzen der Mistaufbereitung für die Emission klimarelevanter Gase

Meike Oltmanns, Maria Müller-Lindenlauf & Joachim Raupp*

Einleitung

Bei den verschiedenen Verfahren der Aufbereitung von Festmist (Stapelmist, Rottemist, Mistkompost) treten die klimarelevanten Spurengase Methan und Lachgas sowie das indirekt klimawirksame Ammoniak auf (1% des emittierten NH_3 wird in der Atmosphäre zu N_2O). In früheren Arbeiten hat man Ammoniakemissionen vorwiegend unter dem Aspekt der möglichen Umweltbelastung ("saurer Regen" etc.) sowie dem möglichen N-Verlust gesehen und die anaerobe Mistaufbereitung vorgeschlagen, um NH_3 -Emissionen zu senken (Shepherd et al. 2000). Bei anaeroben Verfahren (abgesehen von der Biogasherstellung) können jedoch Emissionen von Treibhausgasen gefördert werden (Amon et al. 2001, Sommer 2001). Durch die zusammenfassende Auswertung der älteren und neueren Fachliteratur wollten wir die Frage beantworten, wie die Festmistaufbereitung optimiert werden kann, um pflanzenbaulichen und umweltpolitischen Forderungen gerecht zu werden?

Material und Methoden

Anhand von ca. 50 Literaturquellen werden mögliche Konsequenzen für die Festmistaufbereitung in Hinblick auf Spurengasemissionen dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Es ist bekannt, unter welchen Bedingungen die Gase Methan, Lachgas und Ammoniak gebildet und potentiell freigesetzt werden. Aus Abbildung 1 wird ersichtlich, dass Methan bei ausschließlich anaeroben Bedingungen entsteht. Die Lachgasemission ist am stärksten, wenn in der Festmistmiete sowohl aerobe wie auch anaerobe Zonen vorhanden sind. Da in der Praxis die Mistzusammensetzung in Abhängigkeit von Tierart, Haltungssystem etc. sehr stark variiert, ist eine genaue Quantifizierung der Freisetzung von Methan, Lachgas und Ammoniak aus Festmist derzeit kaum möglich. Des Weiteren fehlen exakte Daten aus einer simultanen Messung dieser Spurengase.

Die NH_3 -N-Verluste liegen im Bereich von 5% - 70% des Anfang-N-Gehaltes bei der Lagerung / Kompostierung von Festmist (Martins und Dewes 1992, Ulén 1993). Die Menge der N-Verluste durch Lachgas ist im Vergleich dazu gering. Betrachtet man aber das Treibhauspotential (GWP) der einzelnen Gase (Methan GWP 21; Lachgas GWP 310 und Ammoniak 3,1; IPCC 1997), ist das Lachgas 100 mal wirksamer als Ammoniak. Daher muss es das Ziel sein, die Ammoniakverluste aus pflanzenbaulicher Sicht zu reduzieren, ohne die Emissionen der direkten Treibhausgase Methan und Lachgas zu fördern. Durch welche Aufbereitungsverfahren und -maßnahmen das am Besten erreicht werden kann, ist laut unserer Auswertung der Literatur nicht zu erkennen, teils wegen methodischer Probleme bisheriger Untersuchungen. Bei der Versuchsplanung sollte in Zukunft berücksichtigt werden, dass die Varianten in Wiederholungen angelegt werden und alle relevanten Parameter (NH_3 , CH_4 , N_2O und Nährstoffverluste durch Sickerwasser etc.) quantifiziert werden.

* Institut für Biologisch-Dynamische Forschung e.V., 64295 Darmstadt; raupp@ibdf.de

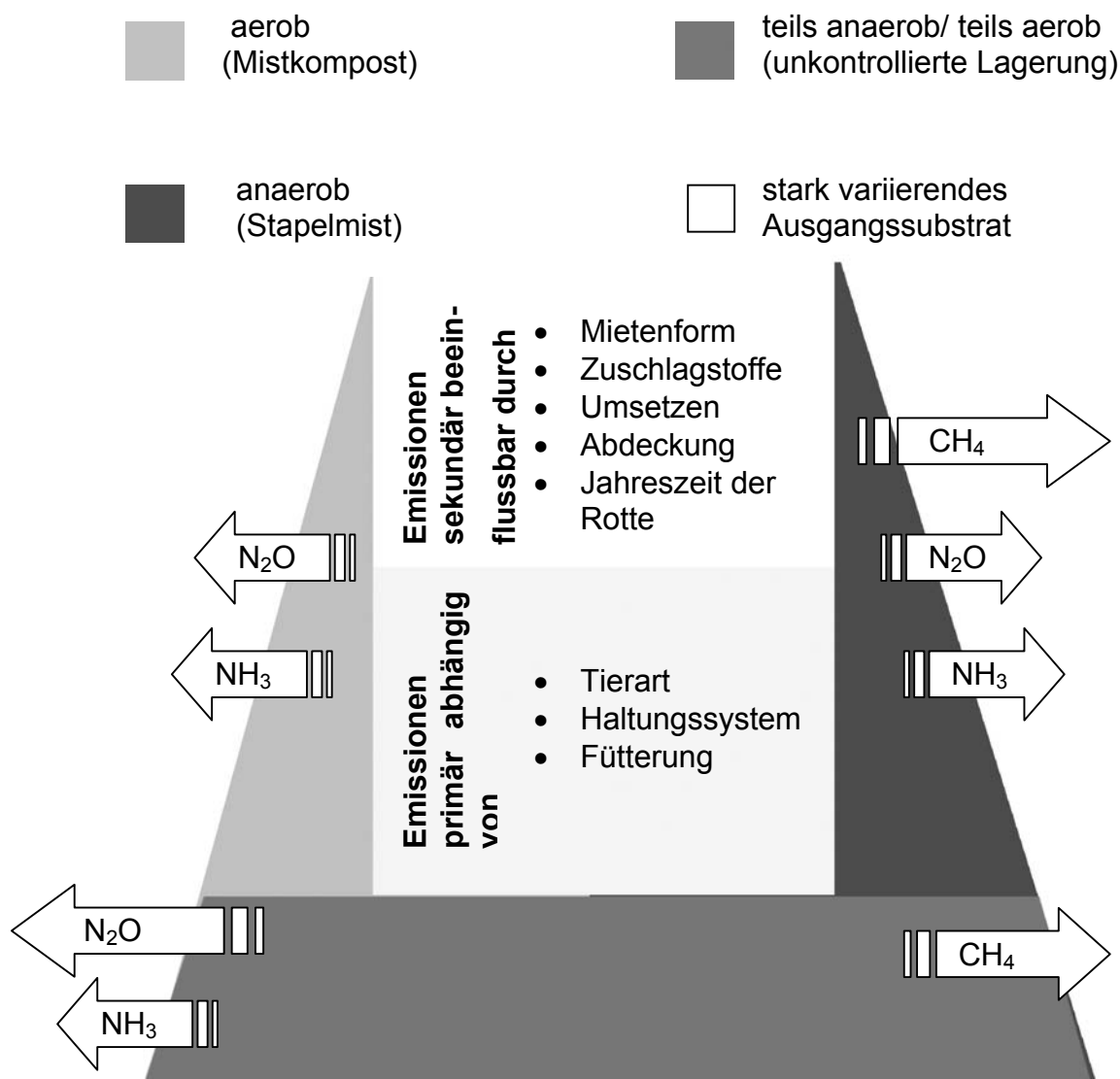


Abb. 1: Schaubild der Bildung und potentiellen Freisetzung von Ammoniak, Lachgas und Methan (Pfeillänge steht für die potentiell emittierte Menge), sowie Parameter zur Emissionsregulierung bei unterschiedlichen Aufbereitungsverfahren von Festmist.

Literatur

- AMON, B.; AMON, T.; BOXBERGER, J.; ALT, C. (2001): Emissions of NH_3 , N_2O and CH_4 from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (housing, manure storage, manure spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60, 103-113.
- GIBBS, P.A.; PARKINSON, R.J.; MISSELBROOK, T.H.; BURCHETT, S. (2002): Environmental Impacts of Cattle Manure Composting. In: Insam, H.; Riddech, N.; Klammer, S. (eds): *Microbiology of Composting*. Springer-Verlag, Berlin.
- IPCC (1997): Revised 1996 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. OECD/OCDE, Paris.
- MARTINS, O.; DEWES, Th. (1992): Loss of Nitrogenous Compounds during Composting of Animal Wastes. *Bioresource Technology* 42, 103-111.
- SHEPHERD, M.; PHILIPPS, L.; BHOGAL, A. (2000): Manure management on organic farms: to compost or not to compost? In: Alföldi, T.; Lockeretz, W. and Niggli, U. *Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference*, 50-53.
- SOMMER, S.G. (2001): Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. *European Journal of Agronomy* 14, 123-133.
- ULÉN, B. (1993): Losses of nutrients through leaching and surface runoff from manure containing composts. *Biolog. Agriculture & Horticulture* 10, 29-37.

Wird durch Stoppelbearbeitung die unproduktive Verdunstung gesenkt?

*Carola Pekrun & Wilhelm Claupein

Einleitung

In der landwirtschaftlichen Praxis wird eine frühe und flache Stoppelbearbeitung als eine wichtige Maßnahme zur Unterbindung unproduktiver Verdunstung und damit zur Einsparung von Wasser gesehen. Daten, in denen die Wirkung der Stoppelbearbeitung auf den Wasserhaushalt untersucht wurde, fehlen jedoch. Unter den heutigen Gegebenheiten, da das Stroh nach der Ernte zumeist auf dem Feld verbleibt, könnte die Stoppelbearbeitung genau die gegenteilige Wirkung entfalten.

Material und Methoden

In den Jahren 2001, 2002 und 2003 wurden auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim im direkten Anschluss an den Drusch von Sommergerste (2001 und 2003) bzw. Raps (2002) je ein Feldversuch zum Einfluss der Stoppelbearbeitung auf den Bodenwassergehalt angelegt. Auf der Hälfte der Parzellen wurde zweimalig Stoppelbearbeitung durchgeführt, im sofortigen Anschluss an die Ernte mit dem Schälgrubber auf 12 cm Tiefe und ca. vier Wochen später mit einem gezogenen Gerät auf 6-8 cm Tiefe. Die andere Hälfte der Parzellen blieb bis zur Grundbodenbearbeitung im Oktober-November unbearbeitet. Die gesamte Versuchsfläche wurde im Herbst jeweils auf 22 - 25 cm gepflügt und anschließend mit Winterweizen bzw. Hafer eingesät.

In dem 2003 angelegten Versuch wurde zusätzlich der Faktor Strohbedeckung geprüft (Spaltanlage, 4 Wiederholungen). Auf der Hälfte der Parzellen wurde das Gerstenstroh geräumt, auf der anderen Hälfte blieb es auf der Stoppel.

Im Verlauf des Sommers und Herbstes sowie einmal im folgenden Frühjahr wurden Bodenproben bis in eine Tiefe von 90 cm gezogen (10 Einstiche pro Parzelle, Unterteilung der Proben nach Tiefen: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) und der Bodenwassergehalt gravimetrisch bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Versuche zeigten, dass durch Stoppelbearbeitung Wasserverluste eher gefördert als vermieden werden. In dem im Jahr 2002 nach Raps angelegten Versuch war kein Effekt der Stoppelbearbeitung festzustellen. Die Daten sind deshalb nicht dargestellt. In dem 2001 angelegten Versuch (Tab. 1) sowie in dem 2003 angelegten Versuch (Tab. 2) hingegen wurden zu allen Terminen im Sommer und Herbst jeweils höhere Bodenwassergehalte in den Parzellen ohne Stoppelbearbeitung als in denen mit Stoppelbearbeitung festgestellt. Dieser Unterschied war besonders deutlich, wenn das Stroh auf dem Feld verblieb und besonders ausgeprägt in den obersten Bodenschichten (nicht dargestellt). Aus der Versuchsanstellung 2003 wird ersichtlich, dass höhere Wasserverluste in den Parzellen mit Stoppelbearbeitung unter anderem darauf zurückzuführen sind, dass auf einer unbearbeiteten Stoppel die Strohmulchschicht verdunstungshemmend wirkt. Dieser Zusammenhang ist aus zahlreichen Veröffentlichungen zur Direktsaat im Vergleich zu konventionellen Bodenbearbeitungsverfahren bekannt (Lal, 1994) und ist in ähnlicher Weise auch aus den Versuchen von Debruck (2001) ersichtlich, wo pfluglose Bodenbearbeitung mit und ohne

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Strohmulch getestet wurde. Da das Stroh in der Praxis heute meist auf dem Feld verbleibt, kann davon ausgegangen werden, dass durch die Stoppelbearbeitung häufig Bodenwasserverluste gefördert werden. Die Ergebnisse zeigen damit, dass die Funktion der Stoppelbearbeitung neu überdacht werden sollte.

Tab. 1: Gravimetrischer Bodenwassergehalt (%) in 0-90 cm Tiefe im Verlauf des Sommers und Herbstes 2001 sowie im Frühjahr 2002 in Abhängigkeit von der Stoppelbearbeitung 2001. Das Stroh verblieb auf der Fläche. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen zwischen den Varianten ohne und mit Stoppelbearbeitung zum jeweiligen Termin an. Tukey-Test, 5 %.

	15.08.01	30.08.01	12.09.01	26.09.01	10.10.01	23.10.01	18.03.02
Ohne Stoppelbearbeitung	15,0 a	15,7 a	17,6 a	19,3 a	20,2 a	19,2 a	18,8 a
Mit Stoppelbearbeitung	13,7 b	14,6 a	17,4 a	18,3 b	19,2 b	19,0 a	18,8 a

Tab. 2: Gravimetrischer Bodenwassergehalt (%) in 0-90 cm Tiefe im Verlauf des Sommers und Herbstes 2003 sowie im Frühjahr 2004 in Abhängigkeit von der Strohbdeckung und Stoppelbearbeitung. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen zwischen den Variante ohne und mit Stoppelbearbeitung zum jeweiligen Termin an. Tukey-Test, 5 %.

	30.07.03	13.08.03	27.08.03	10.09.03	29.10.03	30.03.04
a) Ohne Stroh						
Ohne Stoppelbearbeitung	12,6 a	12,1 a	11,2 a	12,4 a	16,7 a	18,5 a
Mit Stoppelbearbeitung	11,6 b	11,9 a	10,7 b	11,9 b	15,8 b	18,4 a
b) Mit Stroh						
Ohne Stoppelbearbeitung	13,3 a	13,0 a	12,3 a	13,7 a	17,6 a	18,5 a
Mit Stoppelbearbeitung	11,7 b	11,9 b	11,6 b	12,1 b	16,2 b	18,4 a

Literatur

- Debruck, J. 2001: Wassereffiziente Anbauverfahren in Trockenräumen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 13, 107-108.
- Lal, R. 1994: Water management in various crop production systems related to soil tillage. Soil & Tillage Res. 30, 169-185.

Bodenphysikalische Eigenschaften und Erträge bei Frühjahrsdammformung zu Zuckerrüben

Matthias Trittel*, Gero Schlinker**, Bodo Hofmann* & Olaf Christen*

Einleitung

Mit dem Dammanbau von Zuckerrüben wurde vor 6 Jahren in Norddeutschland begonnen. Durch Anpassung der Technik an die niederschlagsreichen Standortbedingungen wurden vielversprechende Ergebnisse erzielt (Grape et al. 2004). Mit der Einbeziehung von weiteren Standorten durch die ARGE Nord ergab sich die Möglichkeit, die Auswirkungen dieses Verfahrens auf Bodenstruktur und Pflanzenentwicklung auch unter den mitteldeutschen Trockenbedingungen im Raum Magdeburg zu untersuchen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf dem typischen Bördestandort Klein Wanzleben (Norm-Tschernosem, stark toniger Schluff, NStE Lö1) und im Börderlandgebiet auf den Standorten Glüsig/ Hundisburg (Braunerde-Tschernosem, mittel toniger Schluff, NStE Lö2) in den Jahren 2002 und 2003 durchgeführt. Folgende Varianten wurden nach Herbstfurche (Pflug 25-30 cm) bzw. auf dem Standort Hundisburg 2003 (2x Grubbern 15-20 cm im Herbst) einbezogen:

1. ortsübliche Bestellung als Referenzvariante (konventionell)
2. Dammformung im Frühjahr (Damm) mit gleichzeitiger Aussaat (Kombination Spezialfräse, Werkzeuge zur Rückverfestigung und Dammformung sowie sechsreihige Einzelkornsämaschine)

Ansonsten wurden die Parzellen einheitlich bearbeitet (Düngung, Pflanzenschutz). Die bodenphysikalischen Untersuchungen erfolgten auf Basis von 250 cm³-Stechzylindern unter Beachtung der entsprechenden DIN-Empfehlungen. Zur kontinuierlichen Messung (Aussaat bis Bestandesschluss) der Bodentemperatur in den Tiefen 5, 10 und 20 cm wurden Pt 100-Sensoren eingesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bestellverfahren verursachten im Versuchsjahr 2003 wesentlich Unterschiede bei den bodenphysikalischen Eigenschaften. So war im Vergleich zum konventionellen Anbau die Trockenrohichte in den Frühjahrsdämmen auf beiden Standorten im oberflächennahen Bereich (0-12 cm) um 0,1 - 0,2 g/ cm³ vermindert (Tab. 1). Analog dazu vergrößerte sich entsprechend das Grobporenvolumen ($d_p > 10 \mu\text{m}$) und die pneumatische Leitfähigkeit. In den größeren Bodentiefen (Unterkrume > 15 cm, Krumbasis 30-40 cm) traten jedoch keine nennenswerten Differenzierungen zwischen den Varianten auf. Unter den trocken-kühlen Bedingungen im Frühjahr 2003 waren die Frühjahrsdämme in 5, 10 und 20 cm Bodentiefe durch eine deutlich höhere Temperatur gekennzeichnet. Sie kühlten aber in den Nachtstunden gegenüber den herkömmlichen Verfahren etwas stärker ab.

Die Bestandesdichten waren im Versuchsjahr 2002 auf Grund der günstigen Keimbedingungen in beiden Anbauvarianten nahezu identisch. Die ungenügende Rückverfestigung der Frühjahrsdämme und die trockene Witterung führte 2003 dage-

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

** ARGE Nord, Fabrikstraße 6, 38159 Vechede

gen auf beiden Standorten zu einem lückigen Aufgang und Aufgangsverspätungen. Eine merkliche Verbesserung des Auflaufens trat erst in Verbindung mit stärkeren Niederschlägen Mitte Mai ein. Die fehlende Vegetationszeit konnte im Massewachstum bis zur Ernte nicht vollständig kompensiert werden.

Tab.1: Trockenrohichte [g/cm³] in verschiedenen Bodentiefen unter Zuckerrüben 2003 auf den Standorten Hundisburg und Klein Wanzleben

Bestellverfahren	Hundisburg (Ut3/Lö2)			Klein Wanzleben (Ut4/Lö1)		
	0-6 cm	6-12 cm	16-22 cm	0-6 cm	6-12 cm	16-22 cm
1. konv.	1,17	1,30	1,29	1,31	1,32	1,32
2. Damm	1,11	1,10*	1,30	1,19*	1,17*	1,27

* sign. (innerhalb Bodentiefe) t_{α} 0,05

Auf den Saccharosegehalt, die Melassebildner Kalium, Natrium und Alpha-Aminostickstoff sowie den Bereinigten Zuckergehalt wirkten sich die Anbauverfahren nicht wesentlich aus. Eine Ausnahme bildete das Anbaujahr 2003 mit signifikant höheren Saccharose- und Kaliumgehalten beim Dammanbau auf dem Standort Hundisburg. Die Frischmasseerträge und der Bereinigte Zuckerertrag brachten dagegen in den Jahren 2002 und 2003 gegensätzliche Ergebnisse (Tab. 2). Während 2002 die Frühjahrsdämme tendenziell besser abschnitten, war 2003 das Verhältnis infolge der Aufgangsprobleme zu ihren Ungunsten verändert. Der bereinigte Zuckerertrag widerspiegelt zwar diese Tendenz, signifikante Unterschiede traten aber infolge großer Variabilität der Einzelwerte auf beiden Versuchstandorten zwischen den Anbauverfahren nicht auf.

Tab. 2: Bereinigter Zuckergehalt (BZG), Körperertrag (KE) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) auf den Standorten Hundisburg und Klein Wanzleben

Versuchsjahr	Bestellverfahren	Hundisburg (Ut3/Lö2)			Klein Wanzleben (Ut4/Lö1)		
		BZG [kg/dt R.]	KE [t/ha]	BZE [t/ha]	BZG [kg/dt R.]	KE [t/ha]	BZE [t/ha]
2002	1. konv.	14,8	64,1	9,5	14,2	59,2	8,4
	2. Damm	13,3	74,2*	9,9	14,3	65,2	9,3
2003	1. konv.	13,8	32,9	4,5	15,1	63,6	9,6
	2. Damm	13,8	22,5	3,1	14,7	59,1	8,7

* sign. t_{α} 0,05

Die im Trockenjahr 2003 durchgeführten Beobachtungen zum Erdbesatz und zur Ausformung des Rübenkörpers zeigten auf beiden Standorten keine wesentlichen Differenzierungen. In der konventionellen Variante waren aber geringfügig mehr beinige Rüben bei einem insgesamt geringen Beinigkeitsniveau von etwa 5 % festzustellen.

Sichere und gleichmäßige Pflanzenaufgänge erfordern im mitteldeutschen Trockengebiet verbesserte technische Lösungen zur Rückverfestigung der Frühjahrsdämme zu Zuckerrüben.

Literatur

- Grape, K, G. Sander und G. Schlinker 2004: Ist der Dammanbau eine Alternative? Zuckerrübe 53, 31-33.
 Schmitz, S. 2004: Dammanbau im Rheinland. Zuckerrübe 53, 34.

Effekte einer Minimalbodenbearbeitung auf Ertrag, Wasserhaushalt und Mykotoxinbelastung unter den Bedingungen des kontinental geprägten Klimas in Nordost-Brandenburg

Gernot Verch*, Kurt Werner* & Marina Müller**

Einleitung

Pflugloser Ackerbau nimmt durch zunehmenden ökonomischen Druck einen immer größeren Umfang ein. Neben der Einsparung von Arbeitszeit und Betriebsmitteln (Diesel) werden besonders nach den Erfahrungen des Trockenjahres 2003 die Wirkungen auf den Bodenwasserhaushalt diskutiert. So konnten 30-50mm höhere nutzbare Feldkapazität und Mehrerträge von 4-7 dt Weizen pro Hektar infolge Pflugverzichtes für einen Lößstandort nachgewiesen werden. War bislang noch relativ wenig Technik speziell für Mulch- und Direktsaaten geeignet, so nimmt in letzter Zeit auch das Angebot ausgereifter Mulch- und Direktsaattechnik für einen wachsenden Absatzmarkt merklich zu (z.B. VADERSTAD.com). Gleichzeitig sind 2004 in Deutschland die Höchstmengen für die Fusariumtoxine Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA) in Lebensmitteln in Kraft getreten. Es besteht die Gefahr, dass deren Gehalte durch Pflugverzicht unter ungünstiger Vorfrucht-, Sorten- oder Witterungskonstellation stark erhöht werden und damit die Verfahren pflugloser Bodenbearbeitung speziell zu Weizen oder Triticale in Frage stellen können.

Material und Methoden

Der Standort Dedelow liegt im Nordosten von Brandenburg. Er ist gekennzeichnet durch einen sandigen Lehm (AZ 42). Das Versuchsjahr 2002 war mit 177 mm (März-Juni) durchschnittlich feucht, während im Trockenjahr 2003 im selben Zeitraum nur 107 mm fielen. Beide Jahre waren mit 10,6 °C (März-Juni) etwas wärmer als im langjährigen Mittel (9,6 °C). Seit 2002 werden in einem Parzellenversuch (Parz. 45 m²), mit der Fruchtfolge „Raps-Weizen-Körnermais-Weizen-Gerste“ vier Bodenbearbeitungssysteme verglichen (Erntefläche 9 m², n=9). Die Varianten Pflug und 100% Mulchsaat bestehen seit 1986, zwei weitere wurden 2001 eingerichtet. In den Varianten Pflug und 100% Mulchsaat wurde 2004 die Bodenfeuchte in 4 Tiefen mittels TDR-EASYTEST-Sonde ermittelt (wöchentlich mit 20 Whlg./Tiefe). Die Fusariumtoxine DON und ZEA in erntefrischen Weizenkörnern (Sorte Kornett) wurden mittels chromatographischer Methoden (HPLC mit Fluoreszenz- und UV-Detektion) nachgewiesen. Der Weizen wurde ohne spez. Fusariumbehandlung geführt.

Tab. 1: Bodenbearbeitungsvarianten am Standort Dedelow

Pflug	80 % Mulchsaat	100 % Mulchsaat	Direktsaat
25 cm Pflug zu allen Kulturen	Pflug zur Rapssaat, sonst Mulchsaat nach Grubber	Mulchsaat nach Grubber in allen Kulturen	Direktsaat mit Scheibendrilla (ohne Vorwerkzeuge) nach Totalherbizid ohne jede Bodenbearbeitung

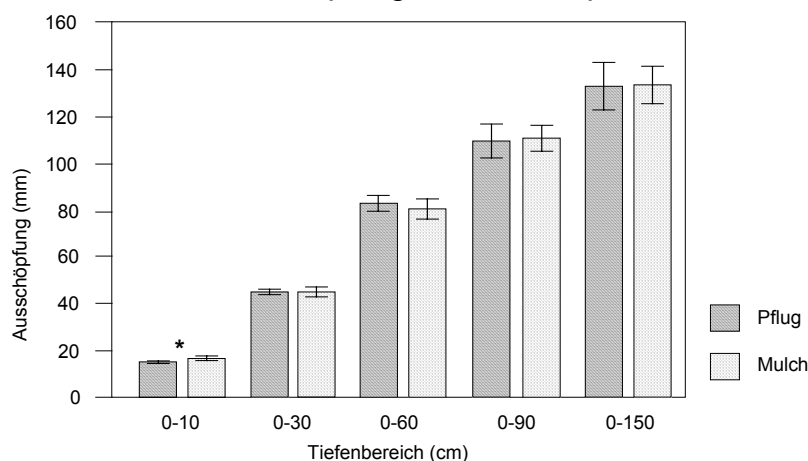
Ergebnisse und Diskussion

Nach Körnermais reagiert der Weizen nur gering auf die Bodenbearbeitung, lediglich das Pflügen im nassen Herbst 2001 (140mm im Sept.) führte zu Mindererträgen. Nach Raps kann der Weizen in der Direktsaat 2002 das hohe Ertragsniveau nicht erreichen, während im Trockenjahr 2003 keine Unterschiede bestehen. Hier führte ein zusätzlicher Grubberstrich vor der Saat (anstelle Totalherbizid) in der Var. 80% Mulchsaat zur Austrocknung des Saatbettes (geringerer Aufgang), welches einen Minderertrag bewirkte.

Tab. 2: Weizenerträge (dt/ha) der Jahre 2002/03 nach Vorfrucht Körnermais bzw. Winterraps in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

	Pflug	80% Mulch	100% Mulch	Direktsaat	
WW n. K-Mais 2002	76,5 b	85,8 a	82,8 a	81,3 ab	GD5% 5,1
WW n. K-Mais 2003	58,3	55,9	52,9	54,3	nicht sig.
WW n. Raps 2002	89,9 a	87,8 a	88,9 a	82,9 b	GD5% 3,6
WW n. Raps 2003	63,1 a	51,8 b	64,9 a	63,2 a	GD5% 8,4

Die Untersuchung der Bodenfeuchte 2004 ergab in der obersten Schicht eine sig. 1-2mm höhere Ausschöpfung des Bodenspeichers bei Mulchsaat, in tieferen Schichten



waren die geringen Differenzen nicht signifikant. Dies deckt sich mit der Ertragsgleichheit im Trockenjahr von Pflug- und Mulchsaat.

Die DON und ZEA Gehalte der Weizenkörner waren im feuchten Jahr 2002 deutlich höher als im Trockenjahr 2003. Die DON Konzentration des Weizens war 2002 deutlich abhängig von der

Abb. 1: Ausschöpfung des Bodenspeichers von März bis Mai in verschiedenen Tiefenstufen unter Weizen

Vorfrucht (Körnermais bzw. Raps) und der Bodenbearbeitung (Pflug bzw. 100% Mulchsaat), 2003 konnte dieser Einfluss nicht nachgewiesen werden. So lag 2002 der DON Gehalt der Weizenkörner nach Körnermais mit 823 ppb um das 6fache höher als nach Raps. Der höchste Wert einer Einzelprobe betrug 2422 ppb. Weiterhin war der DON-Gehalt nach Körnermais in der 100% Mulchvariante mit 1215 ppb um das ca. 3fache höher als nach Pflugsaat. Die Analyse von ZEA zeigte in beiden Jahren eine geringe Belastung ohne signifikanten Einfluss der Vorfrucht oder der Bodenbearbeitung.

Fraktionen der partikulären organischen Substanz des Bodens (POS) und ihre Beziehungen zur bodenmikrobiologischen Aktivität

Wolf Winkelmann, Timo Kautz & Frank Ellmer *

Einleitung

Der Zustand der organischen Substanz des Bodens (OBS) kann als wichtiger Indikator für die Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit herangezogen werden. Mit der Bodenfruchtbarkeit eng verbunden ist die Produktivität und Qualität der pflanzlichen Produktion auf dem jeweiligen Standort. Durch eine Dichtefraktionierung der POS sind nicht nur Aussagen über die Menge an organischen Bestandteilen im Boden, sondern auch Aussagen über die Zusammensetzung der OBS möglich. Ziel der Untersuchungen war, die Wirkungen langjährig differenzierter organisch-mineralischer Düngung auf die Fraktionen der POS zu ermitteln und Zusammenhänge zu bodenmikrobiologischen Parametern darzustellen.

Material und Methoden

Am Standort Berlin-Dahlem (schluffiger Sandboden) wurden im Internationalen Organischen Stickstoff-Dauerdüngungsversuch unter Kartoffeln sechs verschiedene Varianten organisch-mineralischer Düngung untersucht. Die Prüfglieder ergaben sich aus der Kombination dreier Formen organischer Düngung (ohne, mit Stallmistdüngung, mit kombinierter Stroh-, Rübenblatt- und Gründüngung) mit den Stufen ohne und mit Mineralstickstoffdüngung. Mittels einer Dichtefraktionierung mit Natriumpolywolframat wurde die POS der Sandfraktion in eine leichte ($< 1,13 \text{ g cm}^{-3}$), eine mittlere ($1,13 \text{ g cm}^{-3}$ bis $1,38 \text{ g cm}^{-3}$) und eine schwere Fraktion ($> 1,38 \text{ g cm}^{-3}$) aufgetrennt (Meijboom et al. 1995, Raupp und Oltmanns 2001). Mit den Ergebnissen wurden Korrelationen zu bodenmikrobiologischen Parametern (Substratinduzierte Respiration, Dehydrogenaseaktivität und Cellulaseaktivität), zum Vorjahresesertrag von Sommergerste und zum organischen Kohlenstoff gerechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die leichte Fraktion (LF) der POS wurde in allen Varianten organischer Düngung durch eine zusätzliche Düngung mit Mineralstickstoff signifikant erhöht (ANOVA mit LSD-Test, $n=3$, $\alpha \leq 0,05$). Gegenüber den nicht organisch gedüngten Vergleichsvarianten bewirkte auch die kombinierte Stroh-, Rübenblatt- und Gründüngung (SRG) eine signifikante Erhöhung der leichten Fraktion während die Stallmistdüngung ohne signifikanten Einfluss blieb (Abb. 1 links).

Bei der schweren Fraktion (SF) der POS bewirkte die Stallmistdüngung eine signifikante Erhöhung gegenüber den nicht organisch gedüngten Vergleichsvarianten. Auch durch die kombinierte Stroh-, Rübenblatt- und Gründüngung mit Mineralstickstoffgabe wurde eine signifikante Erhöhung der schweren Fraktion erreicht. Die reine Stroh-, Rübenblatt- und Gründüngung wie auch die alleinige mineralische Stickstoffdüngung blieben ohne signifikanten Einfluss auf die schwere Fraktion (Abb. 1 rechts).

Bei der mittleren Fraktion (MF) der POS ergab sich kein eindeutiges Ergebnis, sie nahm eine Zwischenstellung zwischen der leichten und schweren Fraktion ein.

* Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, A.-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; e-mail: Wolf_Winkelmann@web.de

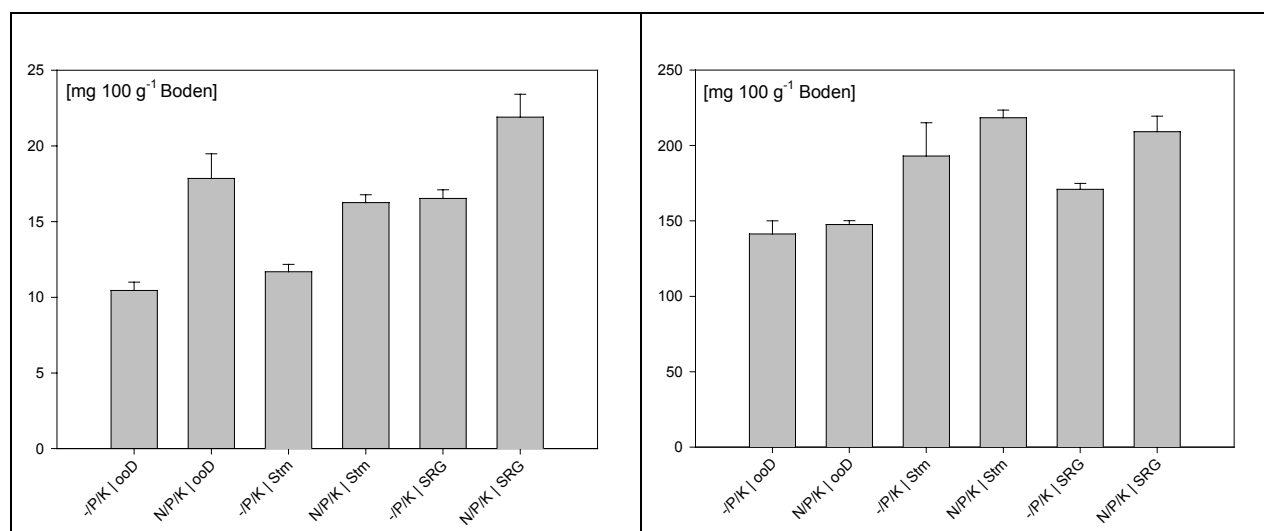


Abb. 1: Einfluss differenzierter organisch-mineralischer Düngung auf die leichte Fraktion (links) und die schwere Fraktion (rechts) der POS. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler.

In weitergehenden Untersuchungen ergaben sich signifikante Korrelationen zwischen der leichten Fraktion und den verschiedenen bodenmikrobiologischen Parametern (Tab. 1). Zwischen der schweren Fraktion und der mikrobiellen Aktivität des Bodens bestanden hingegen keine Korrelationen. Der Vorjahreseertrag (Sommergerste) korrelierte mit der LF nicht aber mit der SF. Des weiteren zeigte sich eine signifikante Korrelation der schweren Fraktion mit dem organischen Kohlenstoff.

Tab. 1: Korrelationen (r) zwischen der leichten Fraktion (LF) bzw. der schweren Fraktion (SF) und dem Vorjahreseertrag (Sommergerste), bodenbiologischen Kenngrößen (SIR=Substratinduzierte Aktivität, DHA=Dehydrogenaseaktivität) sowie dem organischen Kohlenstoff. **=signifikant bei $\alpha \leq 0,01$.

POS-Fraktion	Vorjahreseertrag	SIR	DHA	Cellulaseaktivität	Organischer Kohlenstoff
LF	0,79**	0,65**	0,64**	0,64**	0,04
SF	0,46	0,17	0,31	0,35	0,61**

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die leichte Fraktion der POS überwiegend aus Pflanzenrückständen besteht, die leicht von Bodenmikroorganismen abgebaut werden können und somit schnell pflanzenverfügbar werden. Die Bestandteile der schweren Fraktion sind hingegen für Mikroorganismen schwer zersetzbar.

Literatur

- Meijboom, F. W.; Hassink, J.; van Noordwijk, M. (1995): Density fractionation of soil macroorganic matter using silica suspensions; *Soil Biol. Biochem.* 27: 1009-1111
- Raupp, J.; Oltmanns, M. (2001): Auswirkungen langjähriger Rottemist- und Mineraldüngung sowie der Vorfrucht auf die partikuläre organische Substanz des Bodens; *Mitt. Ges. Pflanzenbauw.* 13: 59-60

Rübenkörperqualität und Erträge bei langjährig differenzierter mineralisch-organischer Düngung

Björn Benkstein*, Bodo Hofmann* & Olaf Christen*

Einleitung

Dauerversuche bilden eine wesentliche Grundlage zur Bewertung der Ertragsfähigkeit und Bodenfruchtbarkeit. Sie finden Verwendung bei der Modellierung von Stoffkreisläufen und geben wertvolle Hinweise zur Gestaltung der praktischen Düngung. Der zugrundeliegende Feldversuch wurde 1967 von Rauhe initiiert und mit Auflösung der Versuchsstation Leipzig-Seehausen 2002 beendet. Wesentliche Ergebnisse dieses Versuches zur Einzel- und Kombinationswirkung der mineralisch-organischen Düngung auf Erträge, N-Entzüge, N_t-Gehalte und N-Bilanzen wurden von Siegert et al. (1987), Hülsbergen et al. (1992) und Hülsbergen (2003) mitgeteilt. In dieser Arbeit soll speziell über den Einfluss langjährig variiertes Düngung mit Mineralstickstoff und Stallmist auf Erträge und Qualitätseigenschaften bei Zuckerrüben berichtet werden.

Material und Methoden

Der Versuch wurde 1967 in der Lehr- und Versuchsstation Leipzig-Seehausen der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg auf pseudovergleyter Parabraunerde (Stagno-Luvic-Gleysol, schluffig-lehmiger Sand, 14 % Ton, 44 % Schluff, 1 M.-% C_t, mittl. Jahrestemperatur 9,1 °C, mittl. Jahresniederschlag 552 mm) mit der Fruchtfolge Kartoffeln-Winterweizen-Zuckerrüben-Sommergerste angelegt. Ab 1979 wurde nach Winterweizen zusätzlich Wintergerste eingeordnet.

Die mineralischen und organischen Düngungsstufen zu Zuckerrüben betragen jeweils 0, 80, 160 und 240 kg N/ha bzw. kg Stallmist-N/ha. Das zweifaktorielle lateinische Rechteck wies somit insgesamt 16 Varianten auf. Über weitere Details des Gesamtversuches informieren Siegert et al. (1987).

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Auswertung wurde aus Gründen vergleichbarer Qualitätsparameter und Sorten auf die Jahre 1987, 1992, 1997 und 2002 zurückgegriffen. Dabei zeigte sich, dass die Gehalte an Saccharose und bereinigtem Zucker besonders mit steigenden mineralischen N-Gaben, aber auch bei den organischen Düngungsstufen systematisch abnahmen. Maximale bereinigte Zuckergehalte ergaben sich schon bei geringem N-Aufwand von 30 kg/ha Mineral-N (Abb.1). Der Amino-Stickstoff, der die Auskristallisation des Zuckers erschwert und die Zuckerausbeute vermindert, nahm mit Vergrößerung des N-Angebotes nahezu linear zu. Ähnlich reagierte auch der Natriumgehalt. Allerdings waren hierbei die Auswirkungen auf den bereinigten Zuckergehalt deutlich geringer. Dagegen war eine Zunahme der K-Gehalte mit steigenden mineralischen N-Gaben nur bei der höchsten Stallmiststufe zu beobachten.

Der höchste Zuckerertrag wurde bei kombinierter organisch-mineralischer Düngung erreicht (Abb.2). Ein wesentlicher Anstieg des Zuckerertrages trat bei Stallmistmengen > 80 kgN/ha zu Zuckerrüben (50-60 kg Stallmist-N /ha je Jahr bezogen auf die gesamte Fruchtfolge) nicht auf. Durch die kontinuierliche Stallmistzufuhr lässt sich in Abhängigkeit vom N_{min}-Gehalt im Frühjahr der mineralische N-Düngebedarf deutlich einschränken.

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

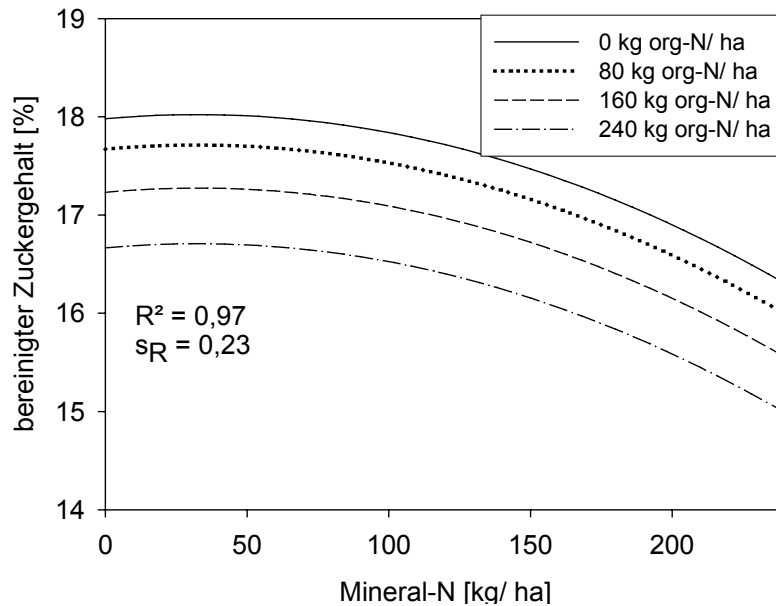


Abb. 1: Mittlerer bereinigter Zuckergehalt (n=4) bei unterschiedlicher mineralischer und organischer Düngung

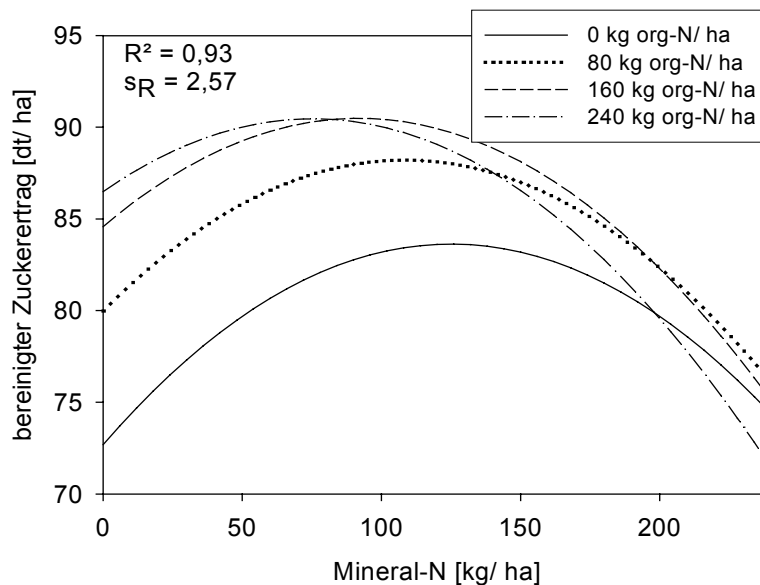


Abb. 2: Mittlerer bereinigter Zuckerertrag (n=4) bei unterschiedlicher mineralischer und organischer Düngung

Literatur

Hülsbergen, K.-J., K. Rauhe, H. Scharf u. H. Matthies 1992: Langjähriger Einfluss kombinierter organisch-mineralischer Düngung auf Ertrag, Humusgehalt und Stickstoffverwertung. Kühn-Archiv 86, H. 2; 11-24.

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

Siegert, B., K. Rauhe u. J.-M. Hoberück 1987: Untersuchungen zur Verwertung von isotopmarkiertem Mineralstickstoff beim Anbau von Weizen und Zuckerrüben. Wiss. Z. Univ. Halle XXXVI M, H. 4, 40-48.

***Rhizoctonia solani*- Befalls- Verlustrelationen verschiedener Zuckerrübensorten**

Bernhard Limbrunner & Franz-Xaver Maidl*

Einleitung

Bei Zuckerrüben ist die Späte Rübenfäule (*Rhizoctonia solani* KÜHN) mittlerweile weltweit verbreitet und für erhebliche Ertragsausfälle verantwortlich. Auch in Deutschland ist die Pilzkrankheit auf dem Vormarsch, wobei die befallene Zuckerrübenanbaufläche zurzeit auf nahezu 20000 ha geschätzt wird. Dies entspricht einem Flächenanteil von 5 %. Neben Ertragsausfällen sind erhebliche Qualitätseinbußen, eine Verringerung der Lagerfähigkeit und eine Erschwernis der Verarbeitung die Folge (Büttner et al., 2002; Bürcky, 2003). Die Schwere des Befalls hängt von verschiedenen Faktoren ab. So beeinflussen neben dem Zeitpunkt und der Stärke der Infektion auch falsche Bewirtschaftungsmaßnahmen und verschiedene Umweltbedingungen die Höhe des Schadens. Zur Bekämpfung von *Rhizoctonia solani* wird neben verschiedenen pflanzenbaulichen Maßnahmen vor allem der Anbau von rhizoctonia-toleranten Sorten empfohlen.

Material und Methoden

In 2003 wurden bayernweit auf 10 Standorten Streifenversuche mit den rhizoctonia-toleranten Zuckerrübensorten Fabiola, Premiere, Solea und Syncro sowie mit der anfälligen Sorte Tatjana angelegt. Zur Ermittlung des Feldaufgangs wurden an zwei Terminen im Mai entsprechende Zählungen durchgeführt. Durch Befallsbeobachtungen im 14-tägigen Rhythmus wurde der Ausbruch und der Verlauf des Befalls dokumentiert. Der Pilz *Rhizoctonia solani* wurde jeweils durch eine Laboranalyse bestätigt. Des Weiteren wurden die Bestände an zwei Terminen (im Juli bzw. September) auf Schosser bonitiert. Bei der Handernte wurde eine Krankheitsbonitur auf den Anteil der mit *Rhizoctonia solani* befallenen Rübenkörperoberfläche nach dem Schema des IfZ in Göttingen durchgeführt. Abschließend erfolgte die Bestimmung des Rübenertrags und der Qualitätsparameter.

Ergebnisse und Diskussion

Beim Feldaufgang konnten die rhizoctonia-toleranten Sorten den Wert der Standardsorte nicht ganz erreichen, sie waren in der Regel aber nur knapp schwächer. Lediglich die Sorte Syncro lag deutlich hinter den anderen Sorten zurück. Dies ist wahrscheinlich auf den Bodenfrost zurückzuführen, der dieser Sorte scheinbar deutlich mehr Schaden zufügte als den anderen Sorten.

Bei den Befallsbeobachtungen konnten die ersten befallenen Rüben bereits Anfang Juni nachgewiesen werden. Durch eine Protokollierung der befallenen Bereiche konnte in den Versuchen eine Zunahme der befallenen Einzelrüben oder eine Nesterbildung festgestellt werden. Ein weiteres Ergebnis dieser laufenden Befallsbeobachtungen war, dass ein oberirdisch sichtbarer Befall bei den toleranten Sorten wenn überhaupt erst deutlich später festgestellt werden konnte als bei der anfälligen Standardsorte. Außerdem kam es bei den toleranten Sorten höchstens zu einem Einzelpflanzenbefall und nicht zu einer Nesterbildung wie bei der Standardsorte.

* Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Arbeitsgruppe Pflanzenbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising-Weihenstephan

Bei den durchgeführten Schosserbonituren wurden bei allen getesteten Sorten keine oder nur sehr wenige Schosser festgestellt. Sortenunterschiede zwischen den toleranten Sorten untereinander, aber auch zwischen den toleranten Sorten und der Standardsorte waren nicht erkennbar. Durch die Krankheitsbonitur konnte festgestellt werden, dass die toleranten Sorten im gesamten Befallsbereich dem Krankheitsdruck deutlich besser standhalten konnten als die anfällige Standardsorte.

Beim Rübenenertrag konnten die toleranten Sorten auch im Bereich mit niedriger Befallsintensität mit der Standardsorte mithalten. Bei mittlerem Befall war eine höhere Ertragsleistung der toleranten Sorten nicht zu übersehen (Abb. 1). Auch beim Zuckergehalt lagen die toleranten Sorten bereits im niedrigen Befallsbereich auf dem Niveau der anfälligen Sorte. Bei steigender Befallsintensität nahm der Vorteil dieser Sorten gegenüber der Standardsorte immer mehr zu. Die Qualitätseigenschaften aller Sorten schwankten auf den verschiedenen Versuchen sehr stark. Die toleranten Sorten konnten aber über den gesamten Befallsbereich meist eine bessere Qualität erreichen als die Vergleichssorte. Bei steigender Befallsintensität konnten die rhizoctonia-toleranten Sorten auch hier eine Vorteilszunahme gegenüber der Standardsorte verzeichnen. Beim bereinigten Zuckerertrag erzielten die toleranten Sorten vor allem im mittleren Befallsbereich deutlich bessere Werte als die anfällige Sorte. Aber auch im Bereich mit einer leichten Befallsintensität bewegten sie sich auf dem Niveau der Standardsorte.

Durch die erzielten Ergebnisse kann der Anbau von rhizoctonia-toleranten Zuckerrübensorten sowohl auf Befallsflächen, als auch auf Flächen, wo nur ein leichter Befall zu erwarten ist, empfohlen werden.

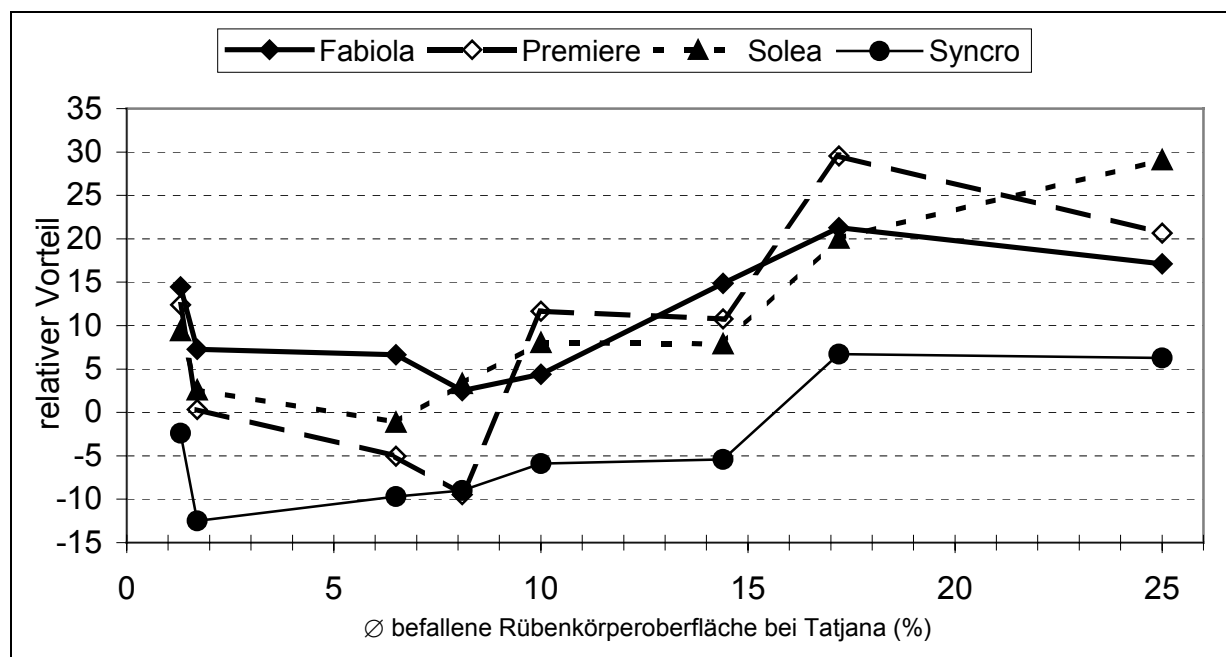


Abb. 1: Relative Veränderung des Ertrages der rhizoctonia-toleranten Zuckerrübensorten bei steigender Befallsintensität (Tatjana = 0)

Literatur

Büttner, G.; Führer Ithurrart, M.E.; Buddemeyer, J. (2002): Späte Rübenfäule *Rhizoctonia solani*-Verbreitung, wirtschaftliche Bedeutung und integrierte Bekämpfungskonzepte. Zuckerindustrie 127, 856-866

Bürcky, K. (2003): *Rhizoctonia* und andere Rübenfäulen. Beilage dzz-Die Zuckerrübenzeitung, Nr. 33

Einfluss der Stickstoffdüngung auf Fusarientoxin-Gehalte in Winterweizen

Elisabeth Oldenburg & Andreas Bramm*

Einleitung

Die Versorgung mit Nährstoffen beeinflusst die Widerstandsfähigkeit bzw. die Anfälligkeit der Pflanze gegenüber pilzlichen Schaderregern. Bei der Produktion von Weizen haben Infektionen mit *Fusarium* eine große Bedeutung, weil sowohl mit Kornertragsverlusten als auch mit Qualitätseinbußen durch die Bildung von Mykotoxinen in den Ernteprodukten zu rechnen ist.

Über die Wirkung von Art, Zusammensetzung, Dosierung und Terminierung der in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzten Düngemittel auf die Bildung von Fusarientoxinen in Getreide ist bisher nur wenig bekannt. Der allgemeinen Tendenz entsprechend scheinen sowohl überhöhte als auch zu niedrige Stickstoff-Dosierungen einen Fusarienbefall beim Getreide zu begünstigen (Obst, 1988). Untersuchungen zum Einfluss der N-Düngung auf Gehalte des Fusarientoxins Deoxynivalenol (DON) in Weizenkörnern ergaben bei Unterversorgung des Getreides mit Stickstoff reduzierte DON-Gehalte in den Körnern, nicht aber bei praxisüblichen Düngergaben (Lemmens et al., 2004). Eine andere Studie führte nicht zu eindeutig interpretierbaren Ergebnissen (Aufhammer et al., 2000).

Es wurden daher experimentelle Feldversuche mit Winterweizen durchgeführt mit dem Ziel, das Risiko einer DON-Kontamination des Getreides als Folge einer Unter- bzw. Überversorgung mit Stickstoff zu klären.

Material und Methoden

Zwei gegenüber *Fusarium* unterschiedlich anfällige Winterweizensorten (Petrus: wenig anfällig gegen Ährenfusarium, Complet : hoch anfällig gegen Ährenfusarium) wurden in einer Spaltanlage (Düngungsstufen 0, 60, 120, 180 und 240 kg N/ha [KAS, in 3 Gaben: Vegetationsbeginn, Schossergabe, Ertragsspätdüngung]; 4 Wiederholungen) mit zwei Behandlungen (mit und ohne künstliche Sprüh-Inokulation zur beginnenden Vollblüte mit toxinogenen Stämmen von *Fusarium culmorum*) in den Jahren 2001, 2002 und 2003 am Standort der FAL kultiviert. Die Erntefläche pro Einzelvariante betrug je nach Untersuchungs-jahr 19,5 bis 23,4 m². Die Aussaat-menge betrug 400 keimfähige Körner pro m², der Boden wurde zuvor gepflügt. Die Körner wurden mittels Parzellenmähdrescher geerntet, von groben Verunreinigungen befreit, ggf. nachgetrocknet, und auf 1 mm Siebdurchgang vermahlen. Der Deoxynivalenol-Gehalt der Körner wurde mit einem enzymimmunologischen Test (ELISA Ridascreen Fast DON, R-Biopharm, Darmstadt) bestimmt, die Nachweis-grenze des Testverfahrens liegt bei 0,22 mg DON/kg.

Ergebnisse und Diskussion

In den 3-jährigen Feldversuchen mit Winterweizen konnte kein Einfluss der Stickstoff-Düngung in Dosierungen von 0 bis 240 kg N/ha auf die DON-Gehalte der Ernteprodukte festgestellt werden (Tab.1). Im Jahr 2001 wurde ausschließlich in den Ernteprodukten der künstlich infizierten Parzellen DON nachgewiesen, wobei bei der

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Tab. 1: DON-Gehalte in den Körnern in Abhängigkeit von der N-Düngung

Jahr	N- Düngung kg N/ha	DON-Gehalt der Körner (mg/kg TM)*			
		Compleat k.i.	Compleat n.i.	Petrus k.i.	Petrus n.i.
2001	0	8,43	<0,22	1,35	<0,22
	60	5,87	<0,22	1,29	<0,22
	120	4,30	<0,22	1,16	<0,22
	180	4,57	<0,22	0,99	<0,22
2002	0	11,28	0,38	6,55	<0,22
	60	9,20	0,35	11,39	<0,22
	120	11,10	0,59	11,38	<0,22
	180	10,53	0,53	12,24	<0,22
	240	11,76	0,51	11,06	<0,22
2003	0	0,39	<0,22	<0,22	<0,22
	60	0,35	<0,22	<0,22	<0,22
	120	0,33	<0,22	<0,22	<0,22
	180	0,41	<0,22	<0,22	<0,22
	240	0,26	<0,22	<0,22	<0,22

* Mittelwert von 4 Wiederholungen; k.i. = künstlich infiziert; n.i. = natürlich infiziert

hoch anfälligen Sorte Compleat erheblich höhere Gehalte gefunden wurden als bei der wenig anfälligen Sorte Petrus. Die mit Abstand höchste DON-Konzentration in 2001 wurde bei Compleat ohne N-Düngung beobachtet, jedoch trat dieser Effekt in den folgenden Jahren 2002 und 2003 nicht wieder auf. Im Jahr 2002 wurden aufgrund der ungewöhnlich feuchten Witterung mit langanhaltenden Niederschlägen sowohl bei Compleat als auch bei Petrus sehr hohe DON-Konzentrationen nach künstlicher Infektion festgestellt, da die Widerstandsfähigkeit beider Sorten unter diesen Bedingungen völlig zusammenbrach. Bei den natürlich infizierten Varianten war DON nur bei Compleat in geringen Konzentrationen nachweisbar, da sich trotz hoher Anfälligkeit der Sorte und der ungünstigen Witterungsbedingungen der Ährenbefall aufgrund des fehlenden Infektionsdruckes in Grenzen hielt. Im darauffolgenden ungewöhnlich trockenen und warmen Jahr 2003 wurde lediglich bei Compleat nach künstlicher Infektion geringe DON-Kontaminationen festgestellt.

Aus den Ergebnissen dieser mehrjährigen Untersuchung kann kein Einfluss der N-Versorgung des Winterweizen auf Fusarientoxin-Gehalte in den erntereifen Körnern abgeleitet werden. Es zeigte sich deutlich, dass der Infektionsdruck in Verbindung mit den klimatischen Bedingungen und der Widerstandsfähigkeit der Sorten gegenüber *Fusarium* von ausschlaggebender Bedeutung für das Ausmaß der Kontamination von Winterweizen mit Fusarientoxinen ist.

Literatur

- Obst, A. 1988: Wie man Ährenfusariosen vermeidet. DLG-Mitteilungen 9, 470-471.
- Lemmens, M.; K. Haim, H. Lew und P. Ruckenbauer 2004: The effect of nitrogen fertilization on *Fusarium* head blight development and deoxynivalenol contamination in wheat. J. Phytopathology 152: 1-8.
- Aufhammer, W.; E. Kübler, H.-P. Kaul, W. Hermann, D. Höhn und C. Yi 2000: Ährenbefall mit Fusarien (*F. graminearum*, *F. culmorum*) und Deoxynivalenolgehalt im Korngut von Winterweizen in Abhängigkeit von der N-Düngung. Pflanzenbauwissenschaften 4 (2): 72-78.

Einfluss unterschiedlicher Kalium-Düngung auf die Qualität von Braugerste

Kristian Orlovius*

Einleitung

Braugerste reagiert empfindlich auf ungünstige Wachstumsbedingungen. Eine schlechte Bodenstruktur und stark wechselnde Wasserverhältnisse beeinträchtigen die Nährstoffaufnahme und damit ein gleichmäßiges Wachstum, so dass nicht nur der Ertrag, sondern auch die Kornausbildung und Braueigenschaften beeinflusst werden können. In einem langjährigen Kali-Steigerungs- und -Formenversuch sollten neben den Ertragsreaktionen auch die Auswirkungen unterschiedlicher Nährstoffversorgung auf Qualitätseigenschaften untersucht werden.

Material und Methoden

Der Versuch wurde 2001 auf einem schluffigen Sand (4% Ton, 11% Schluff) angelegt, mit einer Versorgung des Bodens der Stufe A (Kalium) bzw. Stufe C (Magnesium). Die Fruchtfolge beinhaltete Kartoffeln-Sommergerste-Sommergerste. Die Kalium-Düngung zu Sommergerste stieg von 0 auf 50, 100 bzw. 150 kg/ha K_2O . Zudem konnte durch einen K-Formenvergleich (60er Kali/Korn-Kali) auch die Wirkung einer zusätzlichen Mg-/S-Düngung (23 kg/ha MgO bzw. 15 kg/ha S) untersucht werden.

Ergebnisse und Diskussion

Im Trockenjahr 2003 ergaben sich *Ertragssteigerungen* von 85% durch steigende K-Düngung bis 150 kg K_2O /ha, während in dem feuchten Jahr 2002 der Ertrag um 26% zunahm. Daran lässt sich die Wechselwirkung zwischen Wasserversorgung und K-Düngereaktion ablesen. Gerade bei knapper Wasserversorgung wirkt sich eine höhere Kalium-Konzentration im Boden besonders positiv auf den Ertrag aus. Durch eine Mg-/S-Düngung von 23 kg/ha MgO bzw. 15 kg/ha S stieg der Ertrag um zusätzlich 12%.

Für die Vermarktung der Braugerste spielt die Qualität eine entscheidende Rolle. Im Jahre 2003 wurden verschiedene Qualitätsmerkmale erfasst. Ein hoher *Vollgersten-Anteil* (Kornsartierung >2,5 mm) ermöglicht einen gleichmäßigen Weich- und Keimprozess beim Mälzen und ist von herausragender Bedeutung. In dem vorliegenden Versuch verbesserte sich die Kornausbildung mit zunehmender K-Düngung deutlich. Der Vollgersten-Anteil stieg durch die zunehmende K-Düngung von 73% auf 89% an. Bei zusätzlicher Düngung von Magnesiumsulfat erhöhte sich dieser Wert auf 93%. Im Gegenzug sank mit zunehmender K-Düngung der Anteil an Ausputz, der nur als Futtergerste verwertet werden kann, von über 8 auf unter 3%.

Der *Eiweißgehalt* der Braugerste spielt für die Malz- und Bierherstellung eine besondere Rolle. Unter Kali-Mangelbedingungen stellte sich ein erhöhter Eiweißgehalt ein. Mit zunehmender K-Düngung sank sowohl der Eiweißgehalt im Korn als auch im Malz von über 12% auf Werte von etwa 11%, bei gleichzeitiger Mg- und S-Düngung auf 10 bis 10,5%.

Auch die zu erwartende Verarbeitungsfähigkeit in der Mälzerei veränderte sich positiv mit verbesserter Nährstoffversorgung. So stieg mit zunehmender K-Düngung der *Anteil mehliger Körner* von unter 70% auf 83% an (s. Abb.), während der Anteil glasiger Körner von über 7% auf etwa 1% absank. Für die Brauerei ist der

* Anwendungsberatung K+S KALI GmbH, Postfach 10 20 29, 34111 Kassel

Extraktgehalt des Malzes eine wichtige Größe. Mit zunehmender K-Düngung von 0 bis 150 kg K₂O/ha stieg der Feinextraktgehalt an von 77 auf 83% und erreicht damit eine hohe Qualität.

Die Güte des Extraktes, der von der Hefe vergoren wird, zeigt sich im *Endvergärungsgrad*. Er ist bestimmt durch den Anteil vergärbare Zucker am Gesamtextrakt der Würze und beeinflusst den Alkoholgehalt des Bieres. In diesem Versuch wurde bereits auf der K-0-Variante ein relativ hoher Wert von 81,2% erreicht, er ließ sich durch die K-Düngung jedoch noch weiter auf 82,7% steigern.

Während des Keimens werden unlösliche hochmolekulare Eiweißverbindungen in lösliche niedermolekulare Eiweißstoffe umgewandelt. Das Ausmaß dieses Vorganges wird als Eiweißlösungsgrad oder auch *Kolbachzahl* bezeichnet und drückt aus, wie viel Prozent des Gesamtstickstoffs des Malzes in Lösung gegangen sind. Aus dem vorliegenden Versuch wird parallel zu den übrigen Qualitätsmerkmalen deutlich, dass der Eiweißlösungsgrad bei schlechter K-Versorgung mit nur 35% unzureichend ist und mit 150 kg K₂O/ha auf 40% ansteigt. Wird durch die Düngung von Korn-Kali gleichzeitig die Magnesium- und Schwefelversorgung verbessert, steigt der Einweißlösungsgrad auf 42,2% noch weiter an und erreicht damit eine sehr gute Qualität.

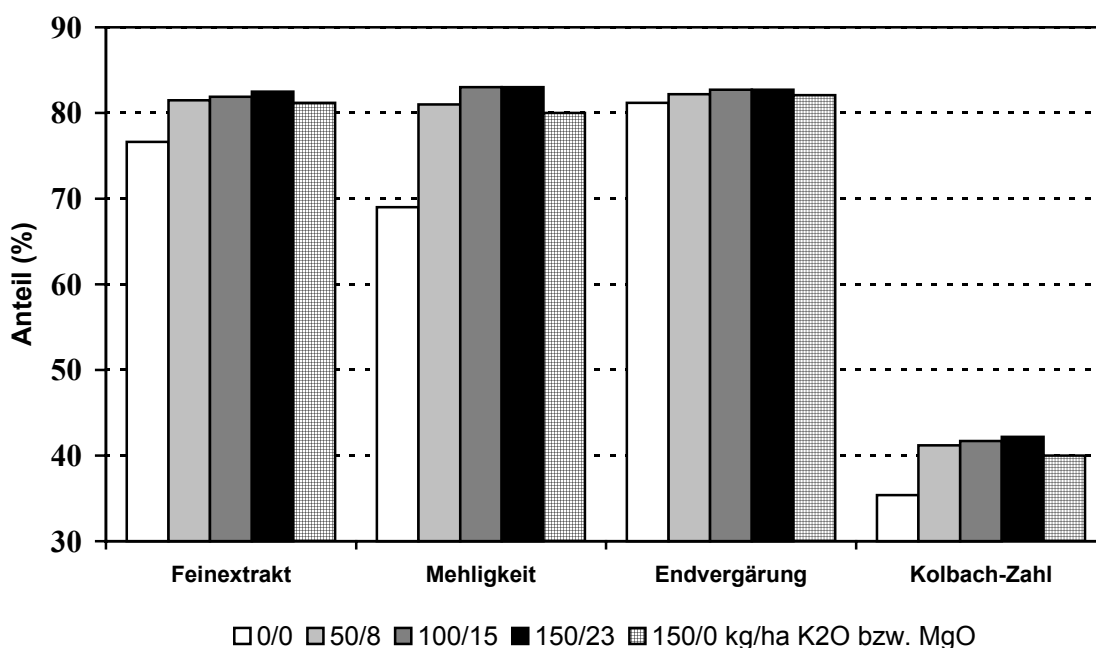


Abb. 1: Einfluss unterschiedlicher K-, Mg-/S-Versorgung auf Qualitätseigenschaften von Braugerste

Die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen, dass eine gute Kaliumversorgung verbunden mit Magnesium und Schwefel Basis einer guten Qualitätsausbildung darstellt. Unter Mangelbedingungen wird nicht nur der Ertrag, sondern auch die Verarbeitungsqualität der Braugerste erheblich beeinträchtigt.

Reaktion der Kartoffel auf Monokulturanbau unter Bedingungen des differenzierten Pflanzenschutzes

Bogumił Rychcik, Józef Tyburski & Jan Adamiak*

Einleitung

In Polen spielt die Kartoffel eine besondere Rolle unter den Nutzpflanzen. Mit der Anbaufläche steht sie nur hinter Weizen und Roggen zurück. Ihr Anteil an der Anbaustruktur beträgt etwa 8%. Die Knollenproduktion konzentriert sich hauptsächlich in spezialisierten Betrieben, die städtische Agglomerationen umschließen. Unter diesen Bedingungen kommt es öfter zur Kürzung der Zwischenzeit im Kartoffelanbau auf derselben Parzelle und sogar zur Nacheinanderfolge [Wesołowski u a. 1994; Zawiałak, Rychcik 2000].

Dieser Beitrag betrifft die Reaktion der Kartoffelsorte Cedron auf den Anbau in der Fruchtfolge und in mehrjähriger Monokultur unter diversen Schutzmaßnahmen der Plantage.

Material und Methoden

Die Versuche werden auf Fahlerde (guter Roggen- Kartoffelboden) in einem statischen Feldversuch im Produktions- und Versuchsgut Bałcyny bei Ostróda geführt. Die Versuchsergebnisse betreffen die Kartoffel, die in einer Sechs-Felder-Fruchtfolge und in Monokultur angebaut wird. Im Versuchszyklus 1999-2001 wurde die gegen Kartoffelälchen resistente Sorte Cedron in der Fruchtfolge: Kartoffel (auf Stalldung) – Hafer – Faserlein – Winterroggen – Ackerbohne – Wintertriticale sowie in 27-29jähriger Monokultur angebaut. Es wurden drei Schutzmaßnahmen-Niveaus angewandt: 0 – ohne Schutzmaßnahme (Kontrolle), H – mit Herbizid-Schutz, H+F – mit Herbizid- und Fungizidschutzmaßnahmen.

Stalldung wurde in der Fruchtfolge alljährlich in einer Menge von 30 t·ha⁻¹, in der Monokultur - 15 t·ha⁻¹ einmal in drei Jahren gegeben. Gedüngt wurde mit 220 kg NPK darunter 80 kg N·ha⁻¹. Mineraldünger wurde im Frühjahr ausgebracht, und dann wurde er mit dem Boden durch ein Bearbeitungsaggregat vermengt. Vorgekeimte Kartoffelknollen wurden in der dritten April-Dekade in einem Abstand von 62,5 x 30 cm ausgesetzt. Der Versuch wurde im System ausgewählter Blocks in drei Wiederholungen realisiert. Der Knollenertrag sowie seine Struktur wurden mit Hilfe des Programms Statistica 6.0 varianzmäßig analysiert, und die Signifikanz der Differenzen wurde auf dem Niveau $\alpha=0,05$ bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Versuche ergaben, dass in einer korrekten Natur-Fruchtfolge – unabhängig vom Schutzmaßnahmen-Niveau der Plantage -, der Ertrag bei 34,4 t·ha⁻¹ Kartoffelknollen lag, in der Monokultur war er dagegen um 28,6% geringer (Tab. 1). Die Differenzen in der Ausbeute wuchsen mit dem Schutzmaßnahmen-Pegel der Plantage an. Die höchste Ausbeute wurde auf Objekten mit Herbizid-Fungizid-Schutz erreicht. Die Effizienz der kompensierenden Faktoren der verglichenen Anbausysteme war verschieden. Im Vergleich zum Kontrollobjekt erbrachten angewandte Herbizide eine Steigerung des Ertrags in der Fruchtfolge um 22,4%, und in der Monokultur um 10,3%. Die Ausweitung der Schutzmaßnahmen um Blattfungizide ergab keine signi-

* Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Plac Łódzki 3, 10-718, Olsztyn, Polen

fikanten Differenzen im Knollenertrag, sowohl in der Fruchtfolge, als auch in der Monokultur. Ähnliche Tendenzen der Differenzierung des Knollenertrags in Abhängigkeit von der Art der Folge und der Intensität der Schutzmaßnahmen auf der Plantage wurden im Ertrag der Handelknollen erzielt (mit Querdurchmesser > 40 mm). Auf einen hohen Knollenertrag mit dominierenden großen Knollen im integrierten System weisen auch Kuś und Stalenga [1998] hin.

Gehalt und Ertrag an Stärke waren in beiden Varianten der Pflanzenfolge durch den Schutzmaßnahmen-Niveau der Plantage signifikant differenziert. Der Mittelgehalt an Stärke in der der Fruchtfolge entstammenden Knolle betrug 17,7% und lag um 0,4% höher als in Monokulturknollen. Der berechnete Stärkeertrag – als Ergebnis der Ertragshöhe und des Stärkegehalts in den Knollen betrug - unabhängig vom Schutzmaßnahmenniveau - in der Fruchtfolge 6,03 t, in der Monokultur um 30,1% weniger. Im besprochenen Versuchszeitraum wurden auch Differenzen in der Zahl der Knollen von einer Pflanze und in ihrem Einzelgewicht festgestellt. In der Fruchtfolge wurden durchschnittlich 10,3 Knollen registriert, in der Monokultur um 1,3 weniger. Das Mittelgewicht einer Knolle der Fruchtfolge betrug 73,6 g und lag signifikant höher als in der Monokultur. Es ist auch zu unterstreichen, dass zugleich mit dem Anstieg der Schutzmaßnahmen auf der Plantage, auch das Mittelgewicht der Knollen zunahm, unabhängig vom System und der Pflanzenfolge.

Die Einhaltung einer rationellen Fruchtfolge ist Grundbedingung im Kartoffelanbau. Über die negative Reaktion dieser Spezies auf den Anbau in Monokultur berichten u.a. die Arbeiten von Wesołowski u. a. [1994] sowie von Rychcik und Zawiślak [1998], worin die Autoren sogar einige zehnpromtente Ausbeuteminderungen ausweisen.

Tab. 1: Struktur u. Kartoffelknollenertrag, 1999-2001

Spezifikation	Fruchtfolge				Monokultur			
	0	H	H+F	Mittel	0	H	H+F	Mittel
Kartoffelknollenertrag, t·ha ⁻¹	29,7	36,4	37,0	34,4	22,9	25,3	25,5	24,5
GD ($\alpha = 0,05$)	Pflanzenfolge – 8,37 t; Schutzmaßnahmen-Pegel – 2,92 t							
Knollen, Ø > 40 mm	26,2	33,4	34,1	31,2	20,5	22,6	22,4	21,8
GD ($\alpha = 0,05$)	Pflanzenfolge – 6,62; Schutzmaßnahmen-Pegel – 3,11							
Stärke, %	17,6	17,7	17,8	17,7	17,2	17,2	17,5	17,3
GD ($\alpha = 0,05$)	Schutzmaßnahmen-Pegel – 0,13							
Stärkeertrag, t·ha ⁻¹	5,17	6,38	6,53	6,03	3,91	4,32	4,41	4,21
GD ($\alpha = 0,05$)	Pflanzenfolge – 1,34; Schutzmaßnahmen-Pegel – 0,56							
Knollengewicht, g	61,7	74,7	84,4	73,6	59,3	60,2	61,2	60,2
GD ($\alpha = 0,05$)	Pflanzenfolge – 11,6; Schutzmaßnahmen-Pegel – 7,63;							

0 – ohne Schutzmaßnahme; H – mit Herbizid; H+F – mit Herbizid und Fungizid.

Literatur

- KUŚ J., STALENGA J. 1998. Plonowanie kilku odmian ziemniaka uprawianych w systemach integrowanym i ekologicznym. Roczn. AR Pozn. 307, Roln. 52: 169-175.
- RYCHCIK B., ZAWIŚLAK K. 1998. Produktynność ziemniaka uprawianego w płodozmianie i w wieloletniej monokulturze. Roczn. AR Pozn. 307, Roln. 52: 183-189.
- WESOŁOWSKI M., BUJAK K., JĘDRUSZCZAK M. 1994. Reakcja niektórych odmian ziemniaka na ich uprawę w monokulturze. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz. Roln. 187: 61-65.
- ZAWIŚLAK K., RYCHCIK B. 2000. Uprawa ziemniaka w monokulturze przerywanej facelią błękitną. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 470:163-171.

Einsatz eines zerstörungsfreien Meßverfahrens zur Bonitur von Biomasse und Stickstoffaufnahme bei Getreide

A. Schmid & F.-X. Maidl*

Einleitung

Landwirtschaftliche Praxisschläge unterliegen in ihrer Fläche sowie dem zeitlichen Witterungsverlauf erheblichen kleinräumigen Schwankungen. Teilschlagspezifische Maßnahmen sollen in erster Linie nicht die Heterogenität ausgleichen, sondern vielmehr den Produktionsmitteleinsatz dem Ertragspotenzial der einzelnen Teilflächen anpassen. Nicht-destruktive Methoden, wie die reflexionsoptischen Messungen, dienen dabei der Bonitur von Pflanzenbeständen zur Abschätzung des Biomasseaufwuchses bzw. der Stickstoffaufnahme. Aus der Rückreflexion der Bestandesoberfläche in verschiedenen Wellenlängenbereichen lassen sich —Vegetationsindizes berechnen, die eng mit wichtigen agronomischen Parametern korreliert sind.

Material und Methoden

In periodischen Abständen wurde während der Vegetationsperiode zu verschiedenen Entwicklungsstadien Winterweizenbestände mit einem tragbaren Spektrometersystem (Carl Zeiss, Spektralbereich 360 [nm] bis 1050 [nm], spektrale Auflösung 3,2 [nm]) detektiert. Die Referenzmessung erfolgt über den Kanal 1 (senkrecht von oben), die Detektion der Bestände erfolgt über den Kanal 2 (senkrecht od. bidirektional von unten, Öffnungswinkel 25°) (Abb. 1). Parallel zu den Sensormessungen wurden Biomasseschritte durchgeführt und deren N-Gehalte nasschemisch durch Aufschluß mit konzentrierter Schwefelsäure und Mischkatalysator bei 360–410°C nach dem Prinzip von Kjeldahl gemessen.



Abb. 1: Bestandesbonitur mittels handgehaltenem Zweikanalspektrometer im Winterweizen

Ergebnisse und Diskussion

Zu den einzelnen Biomasseschritten (EC30, 32, 37, 49 und 65) wurden spektrale Messungen durchgeführt. Als äußerst zuverlässig erwies sich dabei der Vegetationsindex Red Edge Inflection Point (REIP). Die Tabellen 1 und 2 beschreiben die Korrelation zwischen der Biomasse und der N-Aufnahme. Mit Ausnahme der Sorte Cortez

* Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, AG Pflanzenbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising-Weihenstephan

und Xanthos ist zu EC 30 keine signifikante Korrelation zwischen REIP und der Biomasse festzustellen. Die Probennahme ist zu Schossbeginn sehr diffizil und mit einem großem Fehler behaftet. Ferner kommt es durch den geringen Bedeckungsgrad zu Mischsignalen aus Boden und Pflanzenbestand.

Tab.1: Korrelation zwischen REIP und Trockenmasse bei Winterweizen

Sorte	EC30		EC32		EC37		EC49		EC65	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Cortez	0,75**		0,87**	0,77**	0,93**	0,82**	0,93**	0,63**	0,83**	0,82**
Flair	0,40		0,74**	0,76**	0,82**	0,62**	0,85**	0,65**	0,79**	0,77**
Orestis	0,36	-	0,83**	0,83**	0,75**	0,68**	0,82**	0,55**	0,69**	0,67**
Pegassos	0,48		0,80**	0,58**	0,91**	0,66**	0,90**	0,71**	0,86**	0,81**
Xanthos	0,67**		0,85**	0,60**	0,89**	0,67**	0,91**	0,74**	0,93**	0,65**
Ø	0,53		0,82	0,71	0,86	0,69	0,88	0,67	0,82	0,74
Σ-alle	0,46**		0,77**	0,68**	0,81**	0,60**	0,82**	0,55**	0,71**	0,69**

* Korrelation nach Pearson auf dem Niveau 0,05, ** auf dem Niveau 0,01 (2-seitig) signifikant

Verlässliche Beziehungen zwischen Biomasse und reflexionsoptischen Messungen werden mit zunehmender Bestandesentwicklung ab EC 32 erreicht, sortenspezifische Einflüsse sind erkennbar; durchschnittlich sind die Korrelationswerte der einzelnen Weizensorten sehr viel besser als die Korrelation über alle Sorten (Tab. 1). Die Korrelation zwischen REIP und der N-Aufnahme ist bereits zu frühen Vegetationsstadien erstaunlich eng, während des Entwicklungsverlaufes sind nahezu keine Unterschiede im Korrelationsdurchschnitt der Sorten erkennbar (Tab. 2).

Tab.2: Korrelation zwischen REIP und der Stickstoffaufnahme des Winterweizen

Sorte	EC30		EC32		EC37		EC49		EC65	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Cortez	0,77**		0,89**	0,78**	0,89**	0,91**	0,93**	0,71**	0,86**	0,89**
Flair	0,52*		0,77**	0,87**	0,76**	0,61**	0,92**	0,86**	0,82**	0,90**
Orestis	0,51*		0,83**	0,87**	0,74**	0,75**	0,88**	0,69**	0,78**	0,79**
Pegassos	0,62**	-	0,81**	0,78**	0,95**	0,77**	0,93**	0,67**	0,71**	0,91**
Xanthos	0,62**		0,91**	0,69**	0,81**	0,73**	0,93**	0,63**	0,95**	0,74**
Ø	0,61		0,84	0,80	0,83	0,75	0,92	0,71	0,82	0,85
Σ-alle	0,54**		0,81**	0,70**	0,76**	0,67**	0,89**	0,65**	0,81**	0,85**

*Korrelation nach Pearson auf dem Niveau 0,05, ** auf dem Niveau 0,01 (2-seitig) signifikant

Zur Blüte (EC65) werden etwas geringere Werte detektiert (Tab. 1 u. 2). Mit der äußerlichen Veränderung der Pflanzen nach EC 49 kommt es zu einem Mischsignal zwischen Stengel, Blatt und Ähren (Achitektur, Färbung u. Beschattung). Die Beziehungen zwischen REIP u. Biomasse/N-Aufnahme lassen jahrgangsspezifische Einflüsse erkennen (nicht dargestellt), diese sind aber geringer einzuschätzen als die stadienspezifischen Einflüsse (Tab. 1 u. 2). Der extrem unterschiedliche Habitus der untersuchten Sorten drückt sich in abweichenden REIP-Werten aus, die Sortenspezifität dürfte für gängige Weizensorten viel geringer ausfallen.

Literatur

- REUSCH, S. (1997): Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Dissertation
- FILELLA, I.; PENUELAS, J. (1994): The red edge position and shape as indicators of plant chlorophyll content, biomass and hydric status. Int. J. Remote Sensing, 15 (7): 1459-1470

Untersuchungen zur Wirkung von Fungiziden auf die Backqualität von Weizen (*Triticum aestivum*)

F. Simioniuc & B. Honermeier*

Einleitung

Neben der Bekämpfung von Pilzkrankheiten besitzen Fungizide auch direkte und indirekte Wirkungen auf die Ertragsphysiologie und auf die Bildung der Sameninhaltsstoffe beim Weizen. So führt die Applikation von Strobilurin-Fungiziden zur Erhöhung der Chlorophyllgehalte und zur Absenkung der Proteingehalte in den Blättern sowie zur Verzögerung der Seneszenz (MERCER & RUDDOCK 1998). Darüber hinaus konnte eine Verminderung der Ethylenproduktion und eine Beeinflussung des antioxidativen Potenzials der Pflanzen beobachtet werden (GROSSMANN & RETZLAFF, 1997; WU & TIEDEMANN 2001). Da Pilzinfektionen an der Getreideähre eine stärkere Exposition von Stärke und Protein abbauenden Enzymen bewirken können, sind durch die Fungizidapplikation auch indirekte Effekte auf den Gehalt und die Struktur von Sameninhaltsstoffen möglich (PAWELZIG et al. 2000). Das Ziel der durchgeführten Versuche bestand deshalb darin, den Einfluss von unterschiedlichen Fungiziden auf die Kornausbildung und die Backfähigkeit von Weizen (*T. aestivum*) zu prüfen.

Material und Methoden

Vorgestellt werden Ergebnisse aus einem Feldversuch, der im Jahr 2003 am Standort Rauschholzhausen (Löblehm, uL) mit Winterweizen durchgeführt wurde. Der Feldversuch wurde zweifaktoriell (Fungizid/16 Stufen X N-Düngung/2Stufen) mit vierfacher Wiederholung durchgeführt. Als Prüffaktor „Fungizid“ wurden verschiedene Dosierungen, Termine und Kombinationen von Strobilurinen (Picoxystrobin, Kresoxim-methyl, Azoxistrobin) und Triazolen (Epoconazol, Tebuconazol, Fenpropimorph, Propiconazol) verwendet. Die mit den Ernteproben durchgeführten Qualitätsanalysen erfolgten nach den Standardmethoden der ICC (International Association for Cereal Science and Technology, Wien).

Ergebnisse und Diskussion

Die Applikation der Fungizide führte zu einer Verbesserung der Kornausbildung des Weizens. Die HLG-Werte lagen in der Kontrolle bei 74,2 kg/hl und in den Fungizidvarianten bei minimal 76,6 kg/hl (Triazole) bis maximal 78,4 kg/hl (2 x Picoxystrobin). Alle Fungizidbehandlungen waren der Kontrolle signifikant überlegen ($p = 0,000$, GD 5% = 1,1 kg/hl). Die Differenzierung der N-Düngung (N1=90, N2= 170 kg/ha) hatte nur einen geringen Einfluss auf die Volumenausbeute. Eine Wechselwirkung mit der Fungizidbehandlung bestand nicht (vgl. Tab. 1). Die Proteingehalte korrelierten negativ zur Korngröße (HLG). In den Fungizidvarianten lagen die Rp-Werte mit minimal 11,4 % bis maximal 14,2 % z. T. signifikant niedriger als in der Kontrolle (N1=14,0 %, N2=14,5 %). Die Zweifachbehandlung führte in den meisten Fällen zu höheren Rp-Gehalten im Samenkorn. Die ermittelten Werte für den Gluten-Index lagen in dem Versuch auf einem mittleren Niveau von 58,2 (N1) bzw. 54,3 (N2). In einer Variante mit Zweifachbehandlung durch Kresoxim-methyl + Epoconazol + Fenpropimorph wurde der höchste Gluten-Index von 72,4 erzielt. Auch die Doppelbehandlung mit Picoxystrobin bewirkte einen vergleichsweise hohen

* Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen, e-mail: Florentin.Simioniuc@agrار.uni-giessen.de

Gluten-Index von 68,7. Der Gluten-Index wurde primär durch Termin und Häufigkeit der Fungizidapplikation, nicht von der Art des Wirkstoffes beeinflusst.

Tab. 1: Ergebnisse der Varianzanalyse zur Wirkung der Prüffaktoren N-Düngung und Fungizidapplikation auf die Backqualität von Winterweizen, Rh 2003

Prüffaktor		HLG	Rp	Gluten-Index	Sedim.-wert	Fallzahl
N-Düngung	MQ	3	73	492	1.914	5.981
	F-Wert	5	172	6	207	9
	p-Wert	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00
Fungizid	MQ	8	3	136	99	1.523
	F-Wert	15	7	2	11	2
	p-Wert	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01
D x F	MQ	0,3	0,8	71	36	1.347
	F-Wert	0,5	2	1	4	2
	p-Wert	0,9	0,03	0,6	0,00	0,02

Legende: HLG = Hektolitergewicht, Rp = Rohprotein

Die Werte für die Fallzahl lagen in diesem Versuch auf einem sehr hohen Niveau von > 400 s. Die enzymatische Aktivität (α -Amylase) dürfte somit sehr gering gewesen sein. Trotz signifikanter Wechselwirkungen lassen sich bei diesem Niveau keine gesicherten Aussagen über die Wirksamkeit der applizierten Fungizide auf die Enzymaktivität des Weizens ableiten. Deutliche Effekte waren dagegen in dem Fungizidversuch Gießen 2000 zu beobachten, in dem vergleichbare Wirkstoffe appliziert wurden (SCHÄFER 2001). Hier führte die Applikation von 2 x Picoxystrobin sowie 2 x (Epoconazol+Fenpropimorph) im Vergleich zur Kontrolle zu einer Abnahme der Fallzahlen um 20-50 s und zu einer Verminderung der TS-Gehalte im Stroh von 82 % (Kontrolle) auf 69 % (Picoxystrobin), was auf eine verzögerte Seneszenz und Reife schließen lässt. Gesicherte Wirkstoffunterschiede bestanden nicht.

Generell ist festzustellen, dass die Fungizidapplikation primär die Kornausbildung und indirekt die Proteingehalte beeinflusste (Verdünnungseffekt). Unter feuchten Bedingungen können die Reife und die Amylaseaktivität negativ beeinflusst werden. Aus den vorliegenden Befunden lässt sich keine Vorzüglichkeit einzelner Wirkstoffe hinsichtlich der Ausprägung indirekter Merkmale der Backfähigkeit ableiten.

Literatur

- Mercer, P. C. & A. Ruddock, 1998: Evaluation of azoxystrobin and range of conventional fungicides on yield, *Septoria tritici* and senescence in winter wheat, *Test Agrochem Cultiv.* 19, 24.
- Grossmann, K. & G. Retzlaff, 1997: Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*), *Pestic. Sci.* 50, 11.
- Pawelzik, E.; Wang, J.; Weinert, J. & G. A. Wolf, 2000: Weizenqualität und Fusariumbefall, *VDLUFA-Schriftenreihe* 55, 83-85.
- Schäfer, S., 2001: Wirkung von Picoxystrobin auf Ertrag und Backqualität des Winterweizens (*Triticum aestivum*), Diplomarbeit Universität Gießen.
- Wu, Y.-X. & A. v. Tiedemann, 2001: Physiological effects of Azoxystrobin and Epoconazole on senescence and oxidative status of wheat. *Pesticide Biochemistry & Pathology* 711, 1-10.

Einfluss produktionstechnischer Maßnahmen bei Getreide zur Reduktion von Acrylamidvorstufen im Korngut

A. Weber*, S. Graeff*, W. Hermann**, W. Claupein*

Einleitung

Im April 2002 berichteten schwedische Wissenschaftler über hohe Konzentrationen von Acrylamid in Lebensmitteln. Acrylamid wird als „wahrscheinlich karzinogen für den Menschen“ eingestuft (IARC 1994). Nach aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen entsteht Acrylamid bei der Zubereitung von Lebensmitteln im Verlauf der Maillard-Reaktion (Mottram et al. 2002). Andere Bildungswege werden diskutiert, ihre Bedeutung ist jedoch bisher unklar. Die bislang für die Bildung von Acrylamid bekannten Vorstufen Asparagin und reduzierende Zucker sind im Getreidekorngut enthalten und produktionstechnisch über die Nährstoffversorgung sowie die Arten- und Sortenwahl beeinflussbar. Im Rahmen des Projektes wird bei den Getreidearten Weizen, Dinkel und Roggen der Einfluss der Sorte, der N- und S-Versorgung sowie der N-Düngerform auf die Gehalte an den Acrylamidvorstufen Asparagin und reduzierende Zucker im Korngut geprüft.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz der Universität Hohenheim, Ihinger Hof (48° 44' N, 8° 56' E, 478 m ü. NN, Ø 8,1°C, Ø 692,6 mm), wurden in den Vegetationsperioden 2002/2003 und 2003/2004 N-Düngungsversuche (Spaltanlagen, 4 Wiederholungen bzw. Blockanlagen, 3 Wiederholungen) zur Klärung des Einflusses der Höhe und zeitlichen Verteilung der N-Düngung sowie verschiedener N-Düngerformen mit unterschiedlichen Anteilen an Nitrat-, Ammonium- und Amid-N durchgeführt. Ein in der Vegetationsperiode 2003/2004 angelegter Arten-/Sortenversuch (Blockanlage, 3 Wiederholungen) mit 16 Weizen-, zwei Dinkel- und zwei Roggensorten soll Aufschluss über sortenbedingte Unterschiede bezüglich der Gehalte an Acrylamidvorstufen geben. Die Aminosäurebestimmung im Mehl (Typ 550) wurde mittels HPLC durchgeführt. Die Gehalte an reduzierenden Zuckern und Saccharose wurden nach der reduktometrischen Zuckerbestimmung nach Luff-Schoorl (Matissek et al. 1992) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse aus Untersuchungen von Kornmaterial der Winterweizensorten Enorm (E-Weizen) und Transit (A-Weizen) aus N-Düngungsversuchen der Vegetationsperiode 2002/2003 deuten darauf hin, dass der Gehalt an freiem Asparagin mit dem Rohproteingehalt korreliert ist (Abb. 1, $r = 0,82$) und über die N-Düngung beeinflusst werden kann (Abb. 2). Die Höhe der Stickstoffdüngung hatte Einfluss auf die Gehalte an reduzierenden Zuckern und Saccharose (nicht dargestellt). Während höhere Stickstoffgaben zu höheren Gehalten an reduzierenden Zuckern führten, nahmen die Gehalte an Saccharose ab.

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

** Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz der Universität Hohenheim, Ihinger Hof, 71272 Renningen

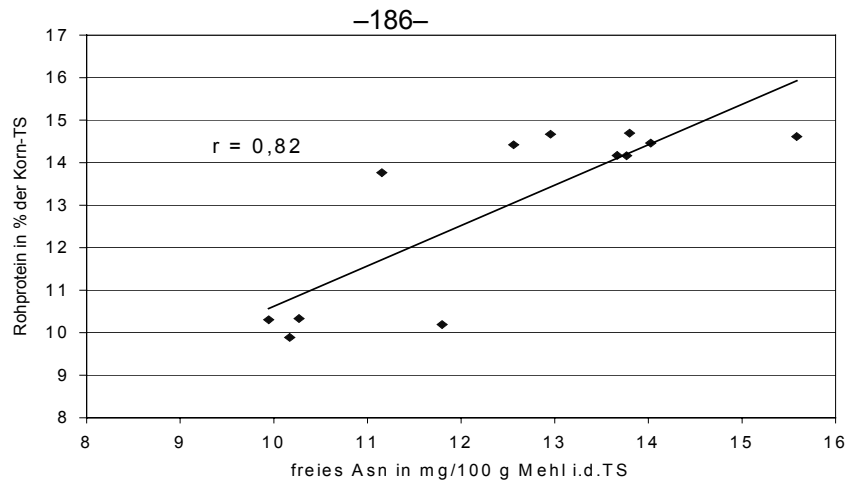


Abb. 1: Korrelation zwischen Rohproteingehalt [%] und dem Gehalt an freiem Asparagin (Asn) im Mehl [mg/100 g Mehl i.d.TS.] (entspr. Typ 550) bei den Weizensorten Enorm und Transit ($p < 0,01$, $n = 12$).

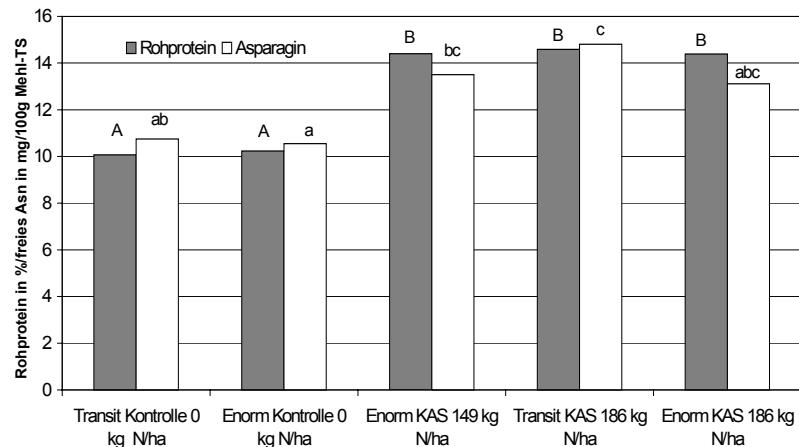


Abb. 2: Einfluss von Sorte und N-Düngung auf den Rohproteingehalt [%] und die Gehalte an freiem Asparagin (Asn) im Mehl [mg/100 g Mehl i.d.TS.] (entspr. Typ 550). N-Dünger: KAS (Kalkammonsalpeter). Varianten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($\alpha < 0,05$, t-Test).

Die Ergebnisse lassen die Vermutung zu, dass durch die Höhe der N-Düngung Einfluss auf die Gehalte an Acrylamidvorstufen (freies Asparagin und red. Zucker) und somit auf das Acrylamidbildungspotential genommen werden kann. Zur Prüfung dieser Hypothese und zur Klärung der Frage nach sortenbedingten Unterschieden sowie dem Einfluss der N-Düngerform auf die Vorstufengehalte, bedarf es weiterer Ergebnisse aus den laufenden Versuchen.

Literatur

- IARC. Acrylamide. In: Monographs on the Evaluation of Carcinogen Risk to Humans: Some Industrial Chemicals; International Agency for Research on Cancer; Lyon, France, 1994; Vol. 60, pp 389-433.
- Mottram, D., Wedzicha, B., Dodson, A., 2002: Acrylamide is formed in the maillard reaction. Nature 419: 448.
- Matissek R., Schnepel F.-M., Steiner G.: Lebensmittelanalytik, 2. Auflage, 1992, S. 126, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Methodische Aspekte zur Bestimmung der N₂-Fixierungsleistung von Körnerleguminosen in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide

Stefan Wichmann, Ralf Loges & Friedhelm Taube*

Einleitung

Körnerleguminosen sind durch Symbiose mit im Boden lebenden Rhizobienbakterien in der Lage den größten Teil ihres Stickstoffbedarfes über die Bindung von Luftstickstoff zu decken. Inwieweit sie einen positiven Beitrag zum Boden-N-Haushalt leisten und dadurch die Bodenfruchtbarkeit mehren, hängt, neben dem N-Entzug über das Erntegut, vor allem von der Höhe der N₂-Bindung ab. Um demnach den N-Kreislauf einer Fruchtfolge mit Leguminosen zu beschreiben, ist eine möglichst genaue und einfache Quantifizierung der fixierten N-Menge notwendig. Dieses gilt insbesondere für N-limitierte Anbausysteme, für die der Einsatz von betriebsexternen N-Düngern, wie z. B. im Ökologischen Landbau, eingeschränkt ist.

Die symbiotisch fixierte Stickstoffmenge (symbiotic nitrogen fixation, SNF) kann in Abhängigkeit von der Leguminosenart, den Standort- und Klimabedingungen und der Bewirtschaftung in einem weiten Bereich variieren. Nach Ansicht vieler Autoren übt zudem die verwendete Messmethode einen erheblichen Einfluss auf die Höhe der im Versuch ermittelten SNF aus (Loges 1998; Heuwinkel 1999).

Material und Methoden

Vor diesem Hintergrund wurden in einem zweijährigen Feldversuch auf dem Versuchsgut „Lindhof“ der Universität Kiel [Bodenart: Ls-SI; Bodengüte der Versuchsflächen: 43-50 BP; Jahresniederschlag: 785 mm; Jahresmitteltemperatur: 8,7 °C] die am häufigsten angewendeten allgemein anerkannten Feldmessverfahren, wie Differenzmethode (ND), ¹⁵N-Verdünnungsmethode (ID) und natural-¹⁵N-abundance-Methode (NA) miteinander verglichen. Versuchsvarianten waren Erbsen (*Pisum sativum* L.), Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) und Blaue Lupinen (*Lupinus angustifolius* L.) in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide. Als nicht-N₂-fixierende Referenzpflanzen bzw. Gemengepartner dienten Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.) und Hafer (*Avena sativa* L.). Dabei wurde neben der einfachen Methodik, die jeweils nur die oberirdische N-Menge in der Sprossmasse berücksichtigt, in der sogenannten erweiterten Form auch der mineralische Boden-N-Pool (N_{min} zur Kornernte bis 90 cm Tiefe) sowie der in den Wurzeln gebundene Stickstoff (Wurzelproben mit Wurzelbohrer in bis 30 cm Tiefe) mit erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Ein Vergleich der einfachen Methodik mit der erweiterten Form ist in Abb. 1 für die Differenzmethode (ND) und für die ¹⁵N-Verdünnungsmethode (ID) dargestellt. Im Mittel über alle Versuchsvarianten führten die einfachen Methoden zu einer Unterschätzung der SNF von 2,5-2,8 g N m⁻². Dabei waren im Bereich der höheren N₂-Fixierungsleistungen die Abweichungen etwas größer. Im Vergleich zu Futterleguminosen wie z. B. Rotklee ist der Unterschied zwischen einfacher und erweiterter Methodik aber aufgrund der in der Regel niedrigeren Wurzelmassen der Körnerleguminosen geringer einzuschätzen (Loges 1998).

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

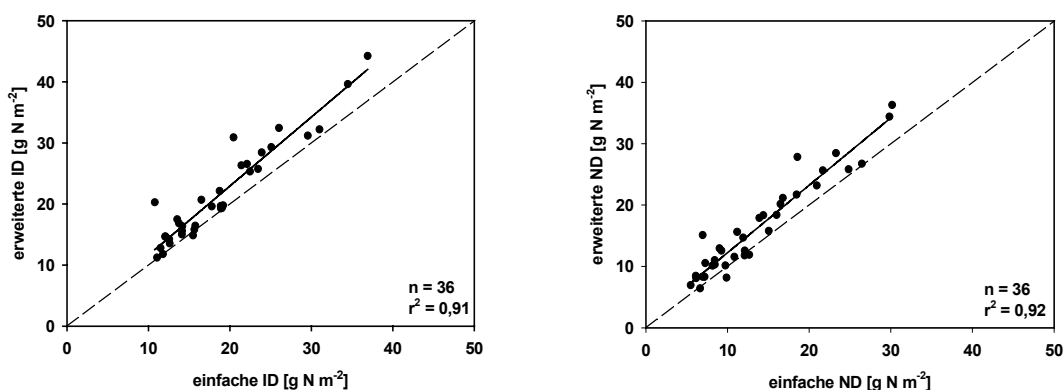


Abb. 1: Vergleich der N₂-Fixierungsleistungen erhoben mit der einfachen ¹⁵N-Verdünnungsmethode (ID) und Differenzmethode (ND) (d.h. nur unter Berücksichtigung der oberirdischen N-Menge) mit der erweiterten ID bzw. ND (d.h. inklusive N_{min} zur Körnernte und Wurzel-N-Menge).

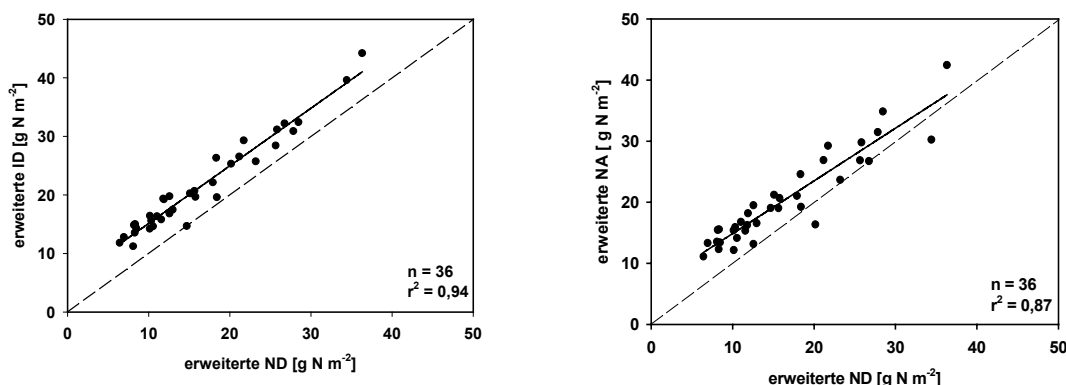


Abb. 2: Vergleich der erweiterten Differenzmethode (ND) mit der erweiterten ¹⁵N-Verdünnungsmethode (ID) (links) und Vergleich der erweiterten Differenzmethode (ND) mit der erweiterten natural-¹⁵N-abundance-Methode (NA) (rechts).

Beim Vergleich von erweiterter ND und ID (Abb. 2, links) verläuft die Regressionsgrade annähernd parallel nach links von der Winkelhalbierenden verschoben. Im Mittel über alle Varianten wurden mit der erweiterten ID um ca. 5 g N m⁻² höhere N₂-Fixierungsleistungen gefunden als mit der erweiterten ND. Ähnliches zeigte sich beim Vergleich der erweiterten NA mit der ND (Abb. 2, rechts), wobei ab höheren N₂-Fixierungsleistungen von ca. 20 g N m⁻² eine größere Streuung der Werte zu verzeichnen war.

Insgesamt variierten die in dieser Untersuchung gefundenen mittleren N₂-Fixierungsleistungen in einem weiten Bereich von 9,5-26,4 g N m⁻². Dabei übt die verwendete Untersuchungsmethode einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Höhe der festgestellten N₂-Fixierungsleistung aus. Daraus folgt, dass beim Vergleich von N₂-Fixierungsleistungen bzw. N-Bilanzsalden von unterschiedlichen Körnerleguminosenbeständen der Methodeneinfluss mit berücksichtigt werden sollte.

Literatur

- Heuwinkel, H. 1999: N₂-Fixierungsleistung von Körnerleguminosen: Aussagekraft und Weiterentwicklung vorhandener Meßmethoden am Beispiel *Lupinus albus* L.. Dissertation Universität München.
- Loges, R. 1998: Ertrag, Futterqualität, N₂-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotklee-Grasbeständen. Dissertation Universität Kiel, Institut Pflanzbau und Pflanzenzüchtung.

Prüfung der Wirkung von Ureaseinhibitoren in Kombination mit Harnstoff-Düngung zu Hafer am Beispiel eines Gefäßversuches

Wolfgang Gans, Friedhelm Herbst & Wolfgang Merbach*

Einleitung

Harnstoff, als Stickstoff-Dünger appliziert, unterliegt einer relativ schnellen Umsetzung zu Ammoniak, Kohlendioxid und Wasser. Verantwortlich dafür ist das im Boden vorhandene Enzym Urease, welches von höheren Pflanzen und einer Anzahl Mikroorganismen produziert wird (Amberger, 1996).

Durch den Einsatz von Ureaseinhibitoren sollte es daher möglich sein, den Zersetzungsprozess von Harnstoff zu NH_3 zu verlangsamen und somit Ammoniakverluste zu reduzieren (Bremner, 1995). Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, den Einfluss von Ureaseinhibitoren auf die Verwertung und den Verbleib vom Dünger-N zu prüfen. Dies geschah in einem Gefäßversuch mit Hafer, in dem der Harnstoff mit dem Stabilisotop ^{15}N markiert wurde, um die Herkunft des in den Pflanzen befindlichen N (düngerbürtig, bodenbürtig) unterscheiden und eine Bilanz des Verbleibs des applizierten Harnstoff-N vornehmen zu können.

Material und Methoden

Hafer (Sorte Revisor) angesetzt. Als Substrat dienten jeweils 6 kg Boden (lehmiger Sand). Es erfolgte eine übliche Grunddüngung mit Makro- und Mikronährstoffen ohne N.

Als Stickstoff-Dünger wurden 0,7 g N/Gefäß als Harnstoff verabreicht, wobei durch Zumischung von ^{15}N -Harnstoff (95 at-% $^{15}\text{N}_{\text{exc.}}$) eine Anreicherung von 9,5 at-% $^{15}\text{N}_{\text{exc.}}$ erreicht wurde.

Folgende Varianten wurden ausgewählt (je 4 Wiederholungen)

1. Mit Stickstoff-Düngung, ohne Ureaseinhibitor
2. Mit Stickstoff-Düngung, mit Ureaseinhibitor 1
3. Mit Stickstoff-Düngung, mit Ureaseinhibitor 2

Ergebnisse und Diskussion

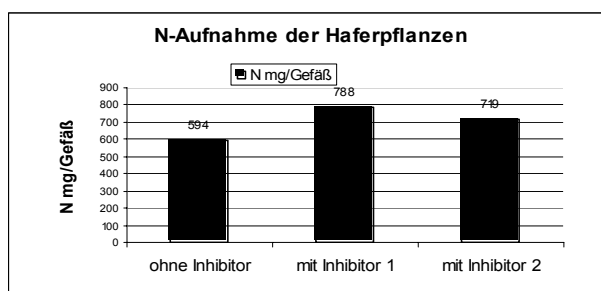


Abb. 1: Stickstoffaufnahme der Haferpflanzen nach Harnstoff-Düngung mit und ohne Inhibitorzusatz

Aus Abb. 1 ist zu ersehen, dass die Zugabe von Ureaseinhibitoren zu einer höheren Stickstoffaufnahme durch die Pflanze führt (33 bzw. 21 % im Vergleich zur Kontrolle).

* Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Adam-Kuckhoff-Str. 17 b, D-06108 Halle (Saale)

Tab. 1: Dünger-N-Anteil am Gesamt-N in der Pflanzensubstanz ausgewählter Varianten des Gefäßversuches

Variante	Dünger-N-Anteil (%) am Gesamt-N in der Pflanze
Kontrolle (mit N , ohne Inhibitor)	50
Mit N, Mit Inhibitor 1	53
Mit N, mit Inhibitor 2	56

Es konnte gezeigt werden, dass durch Anwendung der Ureaseinhibitoren der Anteil des düngerbürtigen Stickstoffs am Gesamt-N in der Pflanzensubstanz um 3 bzw. 6 Prozentpunkte zunahm (siehe Tabelle 1), das heißt, die N-Aufnahme aus Harnstoff war tatsächlich erhöht.

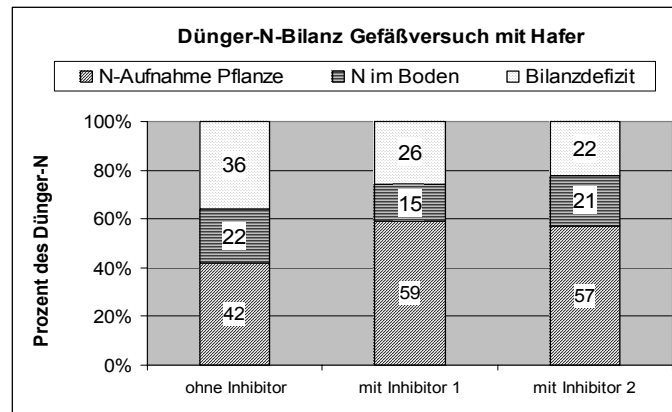


Abb. 2: Bilanz des applizierten Harnstoff-N: N-Aufnahme durch die Pflanze, Verbleib im Boden und N-Verlust am Beispiel des Haferversuches

Schließlich verbesserte sich die N-Bilanz dahingehend, dass beispielsweise im Falle des Inhibitors 1 im Vergleich zur Variante ohne Ureaseinhibitor vom Dünger-N 17% mehr durch die Pflanze aufgenommen wurden, 7% weniger im Boden verblieben und die N-Verluste um 10% reduziert werden konnten (siehe Abbildung 2).

Die Arbeit wurde mit Mitteln des BMBF unter dem FKZ 0330203 gefördert.

Literatur

- Amberger, A. (1996): Pflanzenernährung (Plant Nutrition) 4th edition. Uni-Taschenbuch 846,S. 135 Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Bremner, J.M. (1995): Recent research on problems in the use of urea as a nitrogen fertilizer. Fertilizer Res. 42, 321-329

Auswirkungen der intraspezifischen Konkurrenz im Pflanzenbestand. Ein Modellansatz für die Ertragsbildung

Harry Knittel*

Einleitung

Die Kompensationsfähigkeit von Getreidebeständen oder Rapsbeständen ist allgemein bekannt. Bei geringer Populationsdichte steht der Einzelpflanze ein größerer Standraum mit allen Wachstumsfaktoren mit größerem Anteil zur Verfügung, so dass die Stoffproduktion der Einzelpflanze und damit der Ertrag je Flächeneinheit zunehmen.

Es gibt verschiedene Modelle, die meist auf mathematischen Algorithmen beruhen und die Funktion der intraspezifischen Konkurrenz zwar gut beschreiben. Es gibt hierzu verschiedene Ansätze. Zum einem kann man Modelle der Populationsdynamik nach Mitchell, G.H. (1974), der Wachstumskinetik (De Witt, 1970) oder die verschiedenen Simulationsmodelle (Manderscheid, et al. 2001). Es wurde daher versucht, ein logistisches Modell zu entwickeln, dass die Konkurrenzsituation in einem Pflanzenbestand widerspiegelt.

Material und Methoden

Geht man davon aus, dass die Leistung der Einzelpflanze proportional zum Angebot der Wachstumsfaktoren verläuft, stellt sich die Frage, wie sich die Pflanzen auf einer definierten Fläche (A) gegenseitig beeinflussen. Denn der Ertrag ergibt sich aus dem Produkt von Einzelpflanzenertrag und der Anzahl von Pflanzen. Steht auf der Fläche nur eine einzige Pflanze, kann sie das gesamte Potential der Wachstumsfaktoren (Raum, Licht, Wasser, Nährstoffe) für sich nutzen. Sie reduziert das durchschnittliche Potential um (A*r) und hinterlässt der zweiten ein Restpotential von (A - A*r). Setzt man die Reihe der Pflanzenzahl fort, ergibt sich für eine bestimmte Zahl an Pflanzen (x) ein durchschnittliches Potential von folgendem Wert:

1. Pflanze: maximal mögliches Potential (A)

2. Pflanze: durchschnittliches Potential $(A - Ar)_1 * (A - Ar)_2 = A*(1 - r)^2$

.

x. Pflanze: durchschnittliches Potential $(A - Ar)_1 * (A - Ar)_2 \dots * (A - Ar)_x = A(1 - r)^x$

$$y = A * (1 - r)^x$$

y: Ertrag der Einzelpflanze, z. B. Ährgewicht oder Kornzahl pro Ähre

x: Populationsdichte

A: maximal möglicher Ertrag der Einzelpflanze

r: Reduktionsrate für das Individuum innerhalb einer Population

Diese Funktion lässt sich mathematisch darstellen und durch eine logarithmische Transformation in eine lineare Gleichung überführen. Als Regressionsgerade ist sie damit statistisch erfassbar.

Ergebnisse und Diskussion

Nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung wurde Weizen mit der Drillmaschine mit Saatstärken ausgesät, so dass Bestandesdichten zwischen 160 und 720 Ähren pro

* Neustadt a. d. Weinstrasse, Raiffeisenstr. 28, knittel-neustadt@t-online.de

m² zustande kamen. Mit zunehmender Bestandesdichte wurde eine Reduktion der Kornzahl pro Ähre feststellen, die nach dem Pflügen stärker war als auf der gefrästen Fläche (Abb. 1). Die Reduktionsrate betrug nach dem Pflügen bei 25% je 100 Ähren pro m², nach dem Fräsen 18%. Der Ertrag – als Produkt von Kornzahl pro Ähre, TKG und Bestandesdichte – kann somit als Funktion der intraspezifischen Konkurrenz dargestellt werden.

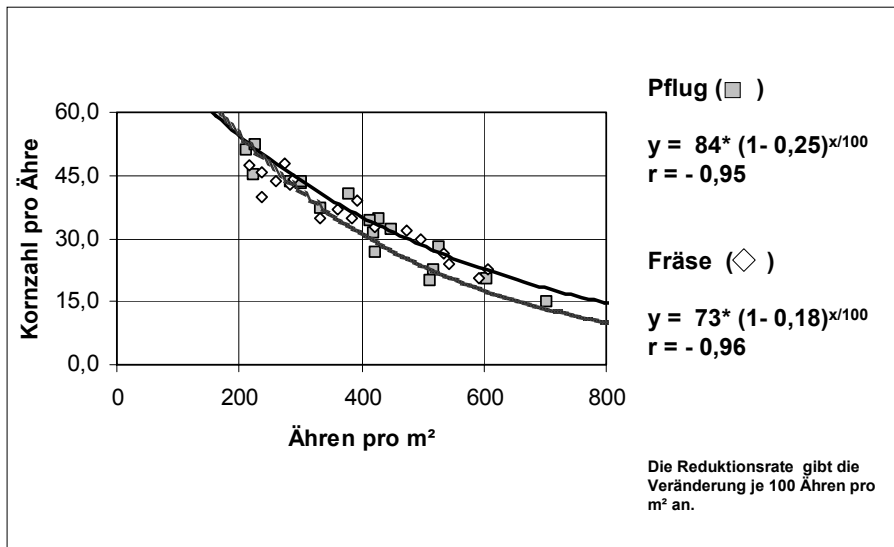


Abb. 1. Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Beziehung zwischen Kornzahl pro Ähre und Bestandesdichte (Ähren pro m²).

Fazit: Das hier vorgestellte logistische Modell beschreibt die Wirkung der intraspezifischen Konkurrenz sehr gut. Sie ist auf alle Pflanzenarten übertragbar. Agrotechnische Maßnahmen wie die Bodenbearbeitung, aber auch die Düngung sind Faktoren, die das Konkurrenzverhalten beeinflussen, und mit diesem Modell darzustellen sind.

Literatur

- De Wit, C.T., 1970: On the Modelling of competitive phenomena. Proc. Adv.Inst.Dynamics Numbers Popul. (Osterbeek 1970) 269-281.
- Manderscheid et al., 2001: Verbesserung von Weizenwachstumsmodellen zur regionalisierten Abschätzung von Klimaänderungen auf die Getreideproduktion. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 13: 216-217.
- Mitchell, G.H., 1972: Operational Research. The English Universities Press Ltd.

Einfluss des Injektionsdüngerverfahrens (Cultanverfahren) auf den Ertrag und die Qualität von Winterraps in Brandenburg

Christoph Felgentreu *

Einleitung

Die Steigerung des Naturalertrages bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität des Endprodukts, schonenderem Umgang mit der Umwelt sowie die Reduzierung von Kosten führen bei der Produktion von landwirtschaftlichen Gütern zwangsläufig zu neuen Überlegungen und Lösungen.

Betrachten wir das Betriebsmittel Dünger, so wird klar, dass das Streuen von festem Dünger nicht mehr zeitgemäß erscheint. Die Ursachen für eventuelle Streufehler („Technologische Streifenkrankheit“) können vielfältig sein:

- unterschiedliche Düngerqualitäten (Granulierung, Staubanteil)
- Abdrift durch Wind und ungenaues Fahren
- technisch bedingte Streufehler (technischer Zustand der Maschine, Maschineneinstellung)
- Abfließen des Düngers nach starken Niederschlägen auf hängigen Flächen
- Sogwirkung hinter der Maschine (abhängig von der Fahrgeschwindigkeit und Körnung)

Jeder dieser Mängel im Einzelnen, aber auch mehrere Mängel im Komplex führen zu Über- oder Unterversorgung der Pflanzen mit Nährstoffen und damit auch zu unterschiedlichen Belastungen von Lebensmitteln, Futter und der Umwelt.

Das in Deutschland sehr junge Verfahren der Injektionsdüngung (CULTAN-Verfahren) ermöglicht die Applikation von Flüssigdüngemitteln als Depot. Damit werden alle oben genannten Fehlerquellen der Streutechnik ausgeschaltet. Die hohe Stabilität der Depots auf kolloidreichen Standorten führt auch auf Grund ihrer Toxizität speziell bei Einsatz von ammoniumhaltigem Stickstoff zu erheblicher Verlustminderung (Verringerung der Nitrifikation und Denitrifikation).

Nachdem seit 1998 Praxiserfahrungen im Getreide gesammelt wurden, rückte der Winterraps ins Interesse des Injektionsdüngerverfahrens. Winterraps hat einen sehr hohen Stickstoffbedarf, so dass eine einmalige Applikation Kosten sparen und eine

N-Unterversorgung unter trockenen Bedingungen verhindern helfen kann. Eine wichtige Frage aber ist, was passiert wenn Winterraps, welcher nach Beschädigungen von Pflanzen eine erhöhte Disposition gegenüber Krankheiten hat, mit relativ schwerer Injektionstechnik überfahren wird? Zur Beantwortung dieser und anderer Fragen wurde 1999 ein umfangreicher Praxisversuch angelegt.

Material und Methoden

Im ersten Jahr der Anlage des Versuchs 1999 gab es in Brandenburg keine Kleinparzellentechnik, so dass ein Großparzellenversuch als Streifenanlage in einem Praxisbetrieb angelegt wurde. Der Versuch beinhaltet die Faktoren N-Düngung und Rapsorte. Alle betriebsüblichen Düngevarianten wurden mit einem Schleuderstreuer ausgebracht (3 Einzelgaben).

Bei den Injektionsvarianten wurden NTS 27/3 sowie NTS 24/6 mit einer 18m Maschine in einer Gabe injiziert.

* Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin

Das Düngenniveau wurde in allen 3 Varianten auf 220 N je Hektar festgelegt. Bei der Sortenwahl wurde zwischen Linien- und Hybridsorte unterschieden. Innerhalb einer Sorte erfolgten 8 Wiederholungen je Düngevariante. Auf dieser Datengrundlage sollte eine statistische Auswertbarkeit erreicht werden.

Um eventuelle Ertragsunterschiede erklären zu können, werden zahlreiche Prüfmerkmale untersucht, welche vor allem der Analyse der Ertragsstruktur sowie der Qualität und der Inhaltsstoffe dienen. Die Ernte erfolgte im Kerndruschverfahren.

Ergebnisse und Diskussion

Es liegen dreijährige Ergebnisse von Ertrag, Qualität, sowie Ertragsstruktur vor.

Tab.1: Samenerträge Liniensorte Lisabeth und Hybridsorte Artus 2000/01/02

Variante Lisabeth	Ertrag dt/ha				
	2000	2001	2002	Durchschnitt	Rel. zum Mittel
Injektion 27/3	47,7	44,1	39,1	43,63	102
Injektion 24/6	47,7	44,4	38,2	43,43	101
betriebsüblich	44,3	44,5	36,4	41,73	97
Variante Artus					
Injektion 27/3	49,3 *	47,6	36,8	44,57	102
Injektion 24/6	48,2	46,8	36,6	43,87	101
betriebsüblich	45,4 *	45,8	35,3	40,55	97

* $\alpha \leq 0,05$

Im Vergleich der dreijährigen Erträge (Tab.1) der Sorte Lisabeth gibt es 2001 keine Ertragsdifferenzierung. Es ist davon auszugehen, dass auf Grund des verstärkten vegetativen Wachstums vor allem ab Mitte April bis in die 1. Maidekade der Stickstoff zum großen Teil aufgebraucht und damit zum ertragsbegrenzenden Faktor wurde, zumal die Abreife beider Sorten synchron verlief und keine wesentlichen Feuchteunterschiede im Korn zur Ernte festgestellt werden konnten, so dass die verkürzte Kornfüllungsphase bei Lisabeth ebenfalls negative Auswirkungen auf den Ertrag gehabt haben kann. Grundlage dieser Überlegungen bilden unter anderem die bisherigen Forschungsergebnisse hinsichtlich der verbesserten N-Ausnutzung durch das Cultan -Verfahren (K. Sommer 2000). Ein Ertragsvorteil der Injektionsvarianten ist dennoch gut zu erkennen und beträgt, wenn man den Prüffaktor Sorte unberücksichtigt lässt, 2,7 dt/ha Mehrertrag im Durchschnitt der drei Jahre. Die Inhaltsstoffe wurden mittels der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) ermittelt. In allen Versuchsjahren zeigten sich Unterschiede im Ölgehalt, sie waren 2001 bei der Sorte Artus ebenfalls ausgeprägter und annähernd identisch mit denen des Jahres 2000. Es scheint einen negativen Zusammenhang zwischen Injektionsdüngung und Ölgehalt zu geben. Die Injektionsdüngung von Winterraps ist nach den vorliegenden dreijährigen Ergebnissen eine geeignete Applikationsvariante von ammonium-betonten N-Düngemitteln.

Literatur

Sommer, K., 2000: „Cultan“ bei Getreide, Hackfrüchten, Feldgemüse und Grünland

Einfluss der frühen Krautminderung auf Qualität und Ertrag ausgewählter Kartoffelsorten

Sabine Wölfel & Dr. Martin Farack *

Einleitung

Der Stärkegehalt von Kartoffelknollen wirkt auf Geschmack, Mehligkeit und Zerkochungsgrad der Kartoffeln (KOLBE, 1995). Auf den schweren Lößstandorten in Thüringen lagerten Speisekartoffeln in den vergangenen trockenen Sommern sehr viel Stärke ein. Mit Hilfe der Kaliumdüngung ist nur bedingt eine Absenkung der Stärkegehalte möglich. Als Alternative bietet sich die frühe Krautminderung an. Krautschlagen mit anschließendem Herbizideinsatz ist ein in der Praxis gängiges Verfahren und wird von BENKER (1999) als Maßnahme zur Reduzierung des Stärkegehaltes beschrieben.

Material und Methoden

Anhand der festkochenden (f) Sorten Exempla, Princess und Simone und der mehligkochenden (m) Sorten Afra und Möwe wurde in einem Parzellenversuch in der Agrargenossenschaft Dobitschen (Ostthüringen) geprüft, inwieweit die Krautminderung zu verschiedenen Terminen den gewünschten Stärkegehalt mit einem vertretbaren Ertrag sichern kann. Die erste Krautminderung erfolgte, als 50% der Knollen größer als 50mm waren, die zweite bis vierte jeweils im Abstand einer Woche. Im Jahr 2002 kamen 2,5 l/ha Reglone im Splittingverfahren zum Einsatz. Da der Abtötungseffekt unbefriedigend war, erfolgte im Jahr 2003 vor dem Regloneinsatz eine mechanische Krautminderung (Krautschlagen).

Zum Termin der Krautminderung und folgend im siebentägigen Abstand wurde der Stärkegehalt in den Knollen bestimmt. Drei Wochen nach der Krautminderung erfolgte die Ernte der Parzellen. Prüfmerkmale waren der Ertrag nach Fraktionen, der Stärkegehalt (Stärkewaage) und der Schwarzfleckigkeitsindex (nach den Richtlinien des BSA).

Ergebnisse und Diskussion

Über dem langjährigen Mittel liegende Temperaturen während der Vegetation kennzeichneten beide Versuchsjahre. Im Jahr 2002 fielen im Juli ergiebige Niederschläge, während im Jahr 2003 vom Beginn der Krautminderung am 15.07. bis zum letzten Termin am 19.08. nur minimal Regen fiel.

Um die Entwicklung des *Stärkegehaltes* vom 1. bis zum 4. Termin zwischen den Sorten und Jahren vergleichen zu können, wurde ein linearer Zusammenhang zwischen Krautminderungstermin und Stärkegehalt angenommen. Die Stärkegehalte lagen jahresabhängig auf unterschiedlichem Niveau: 2002 betrug der Stärkegehalt im Mittel der Sorten und Termine 11% und im Jahr 2003 14,3%. Die genetische Veranlagung, im Verlauf der Vegetation Stärke einzulagern, ist bei den geprüften Sorten verschieden und unabhängig vom Kochtyp (Tab. 1). Im Vergleich zu den anderen geprüften Sorten lässt sich der Stärkegehalt der Sorte Afra am besten mit dem Krautminderungstermin beeinflussen.

* Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Pflanzenbau, Apoldaer Straße 4, 07778 Dornburg

Tab. 1: Durchschnittlicher Anstieg der Stärkegehalte (% Frischmasse) in Kartoffelknollen innerhalb einer Woche

	Afra (m)	Exempla (f)	Möwe (m)	Princess (f)	Simone (f)
2002	0,96	0,28	0,38	0,57	0,40
2003	1,05	0,37	0,44	0,25	1,17

Eine Auswertung der Entwicklung der Stärkegehalte in den drei Wochen zwischen Krautminderung und Ernte ist nur bedingt möglich. Die Gehalte sanken im Jahr 2002 auf Grund unvollständiger Krautabtötung verbunden mit ergiebigen Niederschlägen um bis zu 3%. Im Jahr 2003 war keine Tendenz zu beobachten, teilweise sank der Stärkegehalt, teilweise stieg er an.

Die Neigung einer Sorte, auf Druck oder Stoß mit *Schwarzverfärbung* des Knollenfleisches zu reagieren, steigt im Verlauf der Vegetation kontinuierlich an (KOLBE, 1997). Diese Entwicklung konnte in beiden Versuchsjahren bei allen Sorten bestätigt werden. Sorten- und jahresabhängig lag der Schwarzfleckigkeitsindex auf unterschiedlich hohem Niveau, im Jahr 2003 im Mittel der Sorten und Termine bei 36 gegenüber 17 im Jahr 2002. Die festkochenden Sorten Exempla und Möwe zeigten in beiden Versuchsjahren eine geringe Neigung zur Schwarzverfärbung, unabhängig vom Termin der Krautminderung. Eine starke Zunahme der Schwarzfleckigkeitsneigung besonders im Jahr 2003 konnte bei den mehligten Sorten Afra und Möwe festgestellt werden.

Die inneren Qualitäten einer Kartoffelpartie entscheiden zunehmend über den Vermarktungserfolg. Für ein positives Betriebsergebnis ist aber auch ein hoher *Ertrag* mit einem großen Anteil Marktware wichtig. Im Jahr 2002 stiegen die Gesamterträge im Durchschnitt der Sorten von 272 dt/ha (1. Krautminderungstermin am 10.07.) auf 427 dt/ha zum 4. Krautminderungstermin am 31.07. an. Der Ertragszuwachs wurde durch die Erhöhung des Anteils Knollen größer 50 mm realisiert. Im Jahr 2003 lagen die Gesamterträge, bedingt durch fehlende Niederschläge, bei nur 330 dt/ha. Während des beobachteten Zeitraums waren fast keine Ertragszuwächse festzustellen. Eine statistische Sicherung des Ertragszuwachses war nicht möglich. Da dem Versuchsansteller die Prüfung mehrerer Sorten und verschiedener Kochtypen wichtig ist, wurde die Anzahl Wiederholungen aus Kapazitätsgründen auf zwei begrenzt.

Fazit: Qualität und Ertrag einer Kartoffelpartie sind entscheidend für die Vermarktung. Ein früher Krautminderungstermin mit dem Ziel der Qualitätssicherung stellt einen Kompromiss dar zwischen Ertrag und Qualität. Da mit fortschreitender Pflanzenentwicklung und abhängig von der Sorte Stärkegehalt und Neigung zur Schwarzfleckigkeit in der Regel ansteigen, muss für eine qualitätsorientierte Kartoffelproduktion unter Thüringer Bedingungen auf Ertrag verzichtet werden.

Literatur

- Benker, M.: Einfluß der Krautminderung und Krautabtötung auf die Entwicklung, den Ertrag und die Qualität von Kartoffeln. Dissertation, Göttingen 1999
- Kolbe, H.: Einflussfaktoren auf die Inhaltsstoffe der Kartoffel, Teil 1: Trockensubstanz und Stärke. Kartoffelbau 46: 404-411
- Kolbe, H.: Einflussfaktoren auf die Inhaltsstoffe der Kartoffel, Die wichtigsten Verfärbungsreaktionen. Kartoffelbau 48: 234-240

Einfluss der Düngungsmethoden auf die Entwicklung von Sommerweizenkrankheiten

Jan Adamiak*, Arkadiusz Stępień* & Tomasz P. Kurowski**

Einleitung

Eine ausgeglichene Düngung sollte eine genügende Versorgung mit Bestandteilen sichern, welche für den richtigen Stoffwechsel in der Pflanze und ihre Resistenz gegen Infektionen verantwortlich sind [Czuba 1996]. Hohe Stickstoffgaben begünstigen die Intensität der Pilzkrankheiten. Das Gegenteil bewirkt Phosphor, der bekanntlich die Abwehrkräfte der Pflanzen auch gegen Pilzkrankheiten positiv beeinflusst. Die Düngung mit Kalium dagegen beschleunigt die Heilung von Wunden [Palti 1981]. Die organische Düngung führt den Pflanzen nicht nur Nahrungsbestandteile zu, sondern verbessert auch die physikalischen Bodeneigenschaften. Dies begünstigt die Entwicklung von Mikroorganismen, die den phytopathogenen Bodenpilzen gegenüber antagonistisch eingestellt sind [Lipa 1992].

Zweck dieser Untersuchungen war der Vergleich des Einflusses der ökologischen Düngung auf den Krankheitsbefall des Sommerweizens mit dem Einfluss herkömmlicher Düngungsmethoden – der Mineral- und organischen Mineraldüngung.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in einem strikt statischen Feldversuch im Produktions- und Versuchsgut Bałcyny auf Fahlerde aus Leichtlehm 1999-2003 durchgeführt. Der Sommerweizen wurde in einer Drei-Feldfruchtfolge (Zuckerrübe, Sommerweizen, Wintergerste) angebaut. Berücksichtigt wurden folgende Düngearten des Sommerweizens: A–nur Mineraldüngung ($P-30,6\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; $K-83,0\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); B–Stalldüngung $30\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ unter die Zuckerrübe plus Mineraldüngung wie bei A; C–Zuckerrübenblätter $40\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ unter Sommerweizen plus Mineraldüngung wie bei A; D–ökologische Düngung $40\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ Kompost (30t unter die Rübe und 10t unter die Gerste) plus biodynamische Präparate. Auf den Objekten A, B und C wurden folgende Pegel der Stickstoffdüngung von Sommerweizen in kg reinen Bestandteils je ha berücksichtigt: N_0-0 ; N_1-30 ; N_2-60 ; N_3-90 ; N_4-120 . Auf dem ökologischen Objekt D wurde der Boden mit dem Präparat P_{500} (Hornmist) jeweils in einer Dosis von $500\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$, und das Blatt dann mit dem Präparat P_{501} (Hornkiesel) in einer Menge von $10\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ in folgenden Varianten: P_0-0 ; P_1-3xP_{500} ; P_2-3xP_{500} und $1xP_{501}$; P_3-2xP_{500} und $2xP_{501}$; P_4-2xP_{501} behandelt. Krankheiten wurden nicht bekämpft.

Ergebnisse und Diskussion

Während der Analyse der im Sommerweizen ohne Stickstoffdüngung und Biopräparate anstehenden Krankheiten (N_0-P_0) wurde beobachtet, dass die Düngung mit Zuckerrübenblatt (C- N_0) und Stalldüngung (B- N_0) im Vergleich zur Mineraldüngung (A- N_0) den Befall des Weizens mit fast allen Pathogenen vergrößert hat. Die stimulierende Auswirkung von Kompost (D- P_0) war bedeutend schwächer als die des Stallung bzw. des Zuckerrübenblattes; und im Falle der Schwarzbeinigkeit war der Befall geringer als in der mineralgedüngten Variante. Die Stickstoffdüngung stimulierte das Anstehen der Krankheiten wesentlicher als der organische Dung. Generell ist

* Katedra Systemów Rolniczych

** Katedra Fitopatologii i Entomologii,

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Plac Łódzki 3, 10-718 Olsztyn, Polen

festzustellen: Je höher die N-Gabe, desto größer der Krankheitsbefall bei den Pflanzen. Diese Regel betraf alle Pathogene auf allen mit Stickstoff gedüngten Objekten. Auch die auf dem ökologischen Objekt (D) verabreichten Biopräparate verschlechterten den gesundheitlichen Zustand des Sommerweizens. Von den zwei verabreichten Biopräparaten wirkte sich P₅₀₁ negativer aus. Die Steigerungsskala des Befalls war jedoch bedeutend geringer als unter Stickstoffeinfluss. Deshalb war der Weizen auf dem ökologisch gedüngten Objekt (D) insgesamt weniger von Krankheiten befallen als auf den herkömmlich gedüngten Objekten. Auf jeden Fall wies das Objekt C den höchsten Befall auf, worauf Zuckerrübenblatt und Mineraldünger Anwendung fanden.

Tab. 1: Sommerweizenkrankheitsbefall (Befallindex in %)

Krankheit (Pathogen)	N- Dün- gung	Düngungsmethode				Biopräparat- besprühung	GD _(0,05)
		A	B	C	D		
Blatt Septoria (<i>Septoria tritici</i>)	N ₀	10,1	15,9	22,5	15,5	P ₀	I-11,1 II-5,7 III-u.D. IV-5,1
	N ₁	18,0	25,9	28,1	18,5	P ₁	
	N ₂	26,7	36,0	39,3	23,6	P ₂	
	N ₃	33,2	45,8	48,9	25,1	P ₃	
	N ₄	42,9	54,1	62,3	26,6	P ₄	
	Mittel	26,2	35,5	40,2	21,9	Mittel	-
Spelzen- bräune (<i>Septoria no- dorum</i>)	N ₀	10,8	16,5	16,3	10,6	P ₀	I-9,7 II-6,5 III-u.D. IV-4,6
	N ₁	18,0	22,6	24,7	13,8	P ₁	
	N ₂	22,3	28,7	33,2	17,1	P ₂	
	N ₃	26,7	31,9	37,8	16,5	P ₃	
	N ₄	29,6	35,9	45,5	16,1	P ₄	
	Mittel	21,5	27,1	31,5	14,8	Mittel	-
Ährenfusa- riose (<i>Fusarium spp.</i>)	N ₀	0,3	2,0	4,0	1,7	P ₀	I-u.D. II-u.D. III-u.D. IV-u.D.
	N ₁	4,0	4,3	6,7	3,7	P ₁	
	N ₂	4,0	4,7	8,7	3,3	P ₂	
	N ₃	7,0	9,7	11,3	5,3	P ₃	
	N ₄	7,3	9,0	22,0	6,3	P ₄	
	Mittel	4,5	5,9	10,5	4,1	Mittel	-
Halnbruch- krankheit (<i>Pseudocer- cosporella herpo- trichoides</i>)	N ₀	5,0	10,8	11,8	6,7	P ₀	I-u.D. II-4,3 III-u.D. IV-u.D.
	N ₁	7,5	9,8	17,1	9,6	P ₁	
	N ₂	13,6	14,2	15,4	5,8	P ₂	
	N ₃	15,9	15,6	14,0	8,7	P ₃	
	N ₄	14,0	16,5	14,2	11,4	P ₄	
	Mittel	11,2	13,4	14,5	8,5	Mittel	-
Schwarz- beinigkeit (Pilzkomplex)	N ₀	24,6	24,2	30,6	16,9	P ₀	I-12,2 II-7,0 III-u.D. IV-u.D.
	N ₁	28,5	42,1	34,4	24,4	P ₁	
	N ₂	31,7	47,5	44,2	22,3	P ₂	
	N ₃	35,0	42,3	51,1	25,2	P ₃	
	N ₄	38,8	44,4	47,7	24,0	P ₄	
	Mittel	31,7	40,1	41,6	22,6	Mittel	-

I-Düngungsmethode; II-N-Gaben; III- Interaktion: Düngungsmethode x N-Gaben; IV- Biopräparate

Literatur

Czuba R. 1996: Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Police.

Lipa J. 1992. Wpływ nawożenia mineralnego na występowanie chorób i szkodników roślin. Post. Nauk Rol. 2: 29-38.

Palti J. 1981: Cultural Practices and infectious crop diseases. Spring Verlag, Berlin. s. 243.

Einfluss der Düngungsmethoden auf die Entwicklung von Wintergerstekrankheiten

Jan Adamiak & Arkadiusz Stępień*

Einleitung

Einer der den Gesundheitszustand der Kulturpflanzen beeinflussenden Faktoren ist die Düngung. Düngungsfehler, darunter auch zu hohe Stickstoffgaben, sind im Stande, die Krankheitsanfälligkeit von Kulturpflanzen zu erhöhen. Auch organischer Dung wirkt sich verschiedentlich aus [Adamiak u.a. 2000, Paul u. Clark 2000]. Bei intensiver Pflanzendüngung hat die Bestimmung des Zusammenwirkens der organischen mit der mineralischen Düngung eine ganz besondere Bedeutung. Die entsprechenden Proportionen der Düngemittel gewährleisteten hohe Erträge von guter Qualität [Cwojdzński u.a. 1992]. Dieser Beitrag weist den Einfluss der Düngungsmethoden (mineralische, organisch-mineralische und ökologische Düngung) auf den Krankheitsbefall der Wintergerste aus.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in einem strikt statischen Feldversuch im Produktions- und Versuchsgut Bałcyny auf Fahlerde aus Leichtlehm 1999-2003 durchgeführt. Die Wintergerste wurde in einer Drei-Feldfruchtfolge (Zuckerrübe, Sommerweizen, Wintergerste) angebaut. Berücksichtigt wurden folgende Düngearten der Wintergerste: A–nur Mineraldüngung ($P-30,6\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; $K-83,0\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); B–Stalldüngung $30\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ unter die Zuckerrübe plus Mineraldüngung wie bei A; C–Weizenstroh $4\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ angereichert mit 40 kg N plus Mineraldüngung wie bei A; D–ökologische Düngung $10\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ Kompost plus biodynamische Präparate. Auf den Objekten A, B und C wurden folgende Pegel der Stickstoffdüngung von Wintergerste in kg reinen Bestandteils je ha berücksichtigt: N_0-0 ; N_1-30 ; N_2-60 ; N_3-90 ; N_4-120 . Auf dem ökologischen Objekt D wurde der Boden mit dem Präparat P_{500} (Hornmist) jeweils in einer Dosis von $500\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$, und das Blatt dann mit dem Präparat P_{501} (Hornkiesel) in einer Menge von $10\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ in folgenden Varianten: P_0-0 ; P_1-3xP_{500} ; P_2-3xP_{500} und $1xP_{501}$; P_3-2xP_{500} und $2xP_{501}$; P_4-2xP_{501} behandelt. Krankheiten wurden nicht bekämpft.

Ergebnisse und Diskussion

Der organische Dung hat in Varianten ohne Stickstoff- und Biopräparatwirkung (N_0 i P_0) generell den Krankheitsbefall der Gerste vergrößert. Besonders der Strohdüngung begünstigte die Infektion mit allen Krankheiten. Den Krankheitsbefall schwächten Stalldüngung ($B-N_0$) und Kompost ($D-P_0$) ab, wobei allgemein die Gerste auf dem mit Kompost gedüngten Objekt weniger befallen war als mit Stalldüngung. Eine Ausnahme von dieser Regel bildete der gesteigerte Gerstebefall mit Getreidemehltau auf dem ökologischen Objekt. Die Stickstoffdüngung auf den Objekten A, B und C bewirkte einen wesentlichen Anstieg des Gerstebefalls mit allen Pathogenen. Es wurde beobachtet, dass der Befall mit Getreidemehltau, Blattfleckigkeit und Gersterost proportional zur Stickstoffgabe zunahm. Im Falle der Halmbruchkrankheit und der Schwarzbeinigkeit wurde solch eine eindeutige Abhängigkeit nicht festgestellt. Auch die auf dem ökologischen Objekt ausgestreuten Biopräparate stimulierten den Krankheitsbefall, aber ihr Einfluss war im Vergleich zum Stickstoff viel schwächer.

* Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Plac Łódzki 3, 10-718 Olsztyn, Polen

Infektionen mit Krankheiten begünstigte vor allem das Biopräparat P₅₀₁, wobei die Schwarzbeinigkeits eine Ausnahme bildete. Je öfter dieses Präparat, und je seltener das Präparat P₅₀₀ angewandt wurde, desto höher lag der Pathogenbefall der Gerste. Gehemmt wurde lediglich die Schwarzbeinigkeits. Insgesamt wies die ökologisch gedüngte Gerste den besten Gesundheitszustand aus, die schlechteste dagegen – die auf dem Objekt C organisch–mineralisch gedüngte.

Tab.1: Krankheitsbefall der Wintergerste (Befallindex in %)

Krankheit (Pathogen)	N- Dün- gung	Düngungsmethode				Biopräparat- besprühung	GD _(0,05)
		A	B	C	D		
Getreide- mehltau (<i>Erysiphe graminis</i>)	N ₀	2,7	4,8	7,6	7,4	P ₀	I-10,0
	N ₁	6,2	11,4	19,6	9,7	P ₁	II-12,7
	N ₂	12,6	18,0	32,5	9,0	P ₂	III-u.D.
	N ₃	22,3	28,9	37,1	13,2	P ₃	IV-4,0
	N ₄	35,0	41,4	43,6	13,0	P ₄	
	Mittel	15,8	20,9	28,1	10,5	Mittel	-
Halmbrech- krankheit (<i>Pseudoce- rcosporella herpotri- choides</i>)	N ₀	12,5	15,5	23,9	14,7	P ₀	I-8,6
	N ₁	18,3	21,6	29,7	17,2	P ₁	II-8,7
	N ₂	26,9	22,5	32,2	18,1	P ₂	III-u.D.
	N ₃	25,8	32,2	29,4	19,7	P ₃	IV-u.D.
	N ₄	25,6	26,4	28,3	22,2	P ₄	
	Mittel	21,8	23,6	28,7	18,4	Mittel	-
Schwarz- beinigkeits (Pilzkomplex)	N ₀	51,1	57,5	65,2	52,1	P ₀	I-10,2.
	N ₁	57,1	61,5	64,6	55,6	P ₁	II-u.D.
	N ₂	60,2	60,6	62,4	55,0	P ₂	III-u.D.
	N ₃	55,8	58,2	61,7	49,6	P ₃	IV-u.D.
	N ₄	60,7	65,2	65,8	48,1	P ₄	
	Mittel	57,0	60,6	63,9	52,1	Mittel	-
Blattfleck- igkeit (<i>Rhyn- cho-sporium secalis</i>)	N ₀	2,6	2,6	5,1	2,3	P ₀	I-7,8
	N ₁	6,1	6,1	8,1	3,5	P ₁	II-2,1
	N ₂	13,0	12,3	12,7	4,5	P ₂	III-u.D.
	N ₃	21,3	22,6	22,7	7,9	P ₃	IV-u.D.
	N ₄	28,3	29,4	33,1	10,6	P ₄	
	Mittel	14,3	14,6	16,3	5,8	Mittel	-
Gersterost (<i>Puccinia hordei</i>)	N ₀	1,4	3,4	9,7	4,2	P ₀	I-12,3
	N ₁	3,1	7,8	12,7	4,0	P ₁	II-8,6
	N ₂	7,3	14,0	24,9	4,6	P ₂	III-u.D.
	N ₃	11,3	24,4	25,3	6,1	P ₃	IV-u.D.
	N ₄	17,4	26,0	31,6	6,9	P ₄	
	Mittel	8,1	15,1	20,8	5,2	Mittel	-

I-Düngungsmethode; II-N-Gaben; III- Interaktion: Düngungsmethode x N-Gaben; IV- Biopräparate

Literatur

- Adamiak J. Kurowski T.P., Stępień A. 2000: Wpływ sposobów nawożenia na rozwój chorób pszenicy jarej i jęczmienia ozimego. Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura (84): 12-18.
- Cwojdzinski W., Nowak K., Majcherczak E. 1992: Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na wielkość plonu i na niektóre właściwości gleby. Mat konf. Nawozy organiczne. AR Szczecin, 1: 20-25.
- Paul E.A., Clark F.E. 2000: Mikrobiologia i biochemia gleb. Wyd. UMCS- Lublin.

Vergleich unterschiedlicher Pedotransferfunktionen zur Modellierung des Wasserhaushalts unter einer Zwischenfruchtbegrünung

G. Bodner, M. Büchter & H.-P. Kaul*

Einleitung

Zwischenfruchtbegrünungen als Fruchtfolgeelement zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit gelten in niederschlagsarmen Regionen und Jahren wegen Belastung des Bodenwasservorrates als für die Nachfrucht potentiell ertragslimitierend. Szenarioanalysen mit Hilfe von Simulationsmodellen sind ein mögliches Hilfsmittel zur standortabhängigen Optimierung der Begrünung. Zur breiten Anwendbarkeit müssen die Modelle mit leicht verfügbaren Inputdaten verlässliche Ergebnisse liefern. Für den Bodenwasserhaushalt steht dabei die Beschreibung der hydraulischen Bodeneigenschaften über Pedotransferfunktionen (PTF) im Mittelpunkt. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, unterschiedliche PTF für die im Simulationsmodell DAISY (Hansen et al. 1990) vorliegenden hydraulischen Modelle unter einer Winterzwischenfrucht vergleichend zu validieren.

Material und Methoden

Im Rahmen eines im Herbst 2002 etablierten mehrfaktoriellen Feldversuchs zu Fruchtfolgeeffekten auf den Bodenwasserhaushalt im pannonischen Produktionsgebiet Ostösterreichs (mittlerer Jahresniederschlag 572 mm) wurde der Einfluss von Zwischenfruchtbegrünungen auf die Bodenwasserdynamik untersucht. Die Messung des volumetrischen Wassergehalts erfolgte wöchentlich mittels TDR-Rohrsonde. Zur Überprüfung vorliegender Ansätze für die Beschreibung des Bodenwasserverlaufes unter der abfrostenden Winterzwischenfrucht Senf (*Sinapis alba*) wurde das mechanistische Modell DAISY verwendet, das unterschiedliche Retentions- und Leitfähigkeitsmodelle beinhaltet. Die Funktionsparameter der Modelle wurden mittels PTF bestimmt. Für das Modell von van Genuchten wurden die Ansätze HYPRES** (Wösten et al. 1999; im Folgenden H_vG) bzw. Schaap & Leij (1998; S_vG), für den Campbell-Ansatz die PTF von Cosby et al. (1984; C_CAMP) sowie von Mayr & Jarvis (1999; MJ_CAMP) und für das Brooks-Corey-Modell die PTF von Rawls & Brakensiek (1985; R_BC) bzw. Ungaro & Calzolari (2001; U_BC) verwendet. Die Leitfähigkeitsfunktion nach Mualem wurde mit einem einheitlichen Durchlässigkeitsbeiwert modelliert. Tabelle 1 zeigt die für die PTF erhobenen Bodenkennwerte. Entsprechend dem Ergebnis der Versuchskartierung wurden drei charakteristische Profilausprägungen definiert und gewichtete Mittelwerte der Bodenparameter errechnet. Die über PTF geschätzten Funktionsparameter der Retentionsmodelle gingen in die hydraulische Komponente

Tab. 1: Bodenkennwerte

Profil (Tiefe)	Sand (%)	Schluff (%)	Ton (%)	Bodenart	d_b (g cm ⁻³)	C_{org} (%)	K_s (cm h ⁻¹)
Ah (0-45 cm)	21,4	59,1	19,5	IU	1,29	2,0	2,0
AC (45-90 cm)	21,2	65,4	13,4	sU	1,38	0,8	1,9

Tab. 2: Mittlerer (Vol. %) und maximaler Fehler (%)

	H_vG	S_vG	C_CAMP	MJ_CAMP	R_BC	U_BC
RMSE	5,3	7,3	4,3	7,8	8,7	4,2
MAE%	17,9	24,8	14,3	26,8	31,4	15,3

von DAISY ein. Die Simulationsergebnisse der einzelnen PTF wurden anhand des mittleren absoluten Fehlers (RMSE) sowie des relativen maximalen Fehlers (MAE %) bewertet.

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt die erhaltenen Retentionsfunktionen. Die Ansätze S_vG,

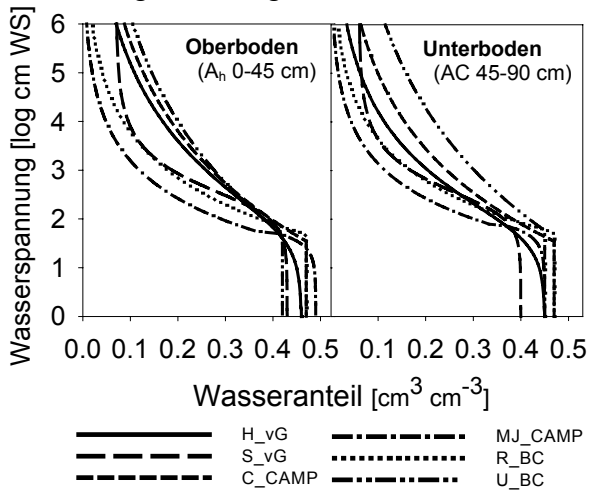


Abb. 1: pF-Kurven auf Basis der verwendeten Pedotransferfunktionen

MJ_CAMP und R_BC ergaben vor allem im Oberboden einen flacheren Kurvenverlauf und damit bei gleicher Wasserspannung geringere Wassergehalte. Dies führte bei der Simulation, besonders im Jahr 2003/04 mit geringeren Niederschlägen, zu einer deutlichen Unterschätzung des Wassergehalts im Vergleich zu H_vG, C_CAMP und U_BC (Abb. 2). Die durchschnittlichen Abweichungen von den Messwerten sind im Bereich der höheren Wassergehalte im Jahr 2002/03 im Mittel aller PTF stärker. Entsprechend der statistischen Bewertung der Ergebnisse (Tab. 2) erwiesen sich H_vG, C_CAMP und U_BC im Durchschnitt als die für den

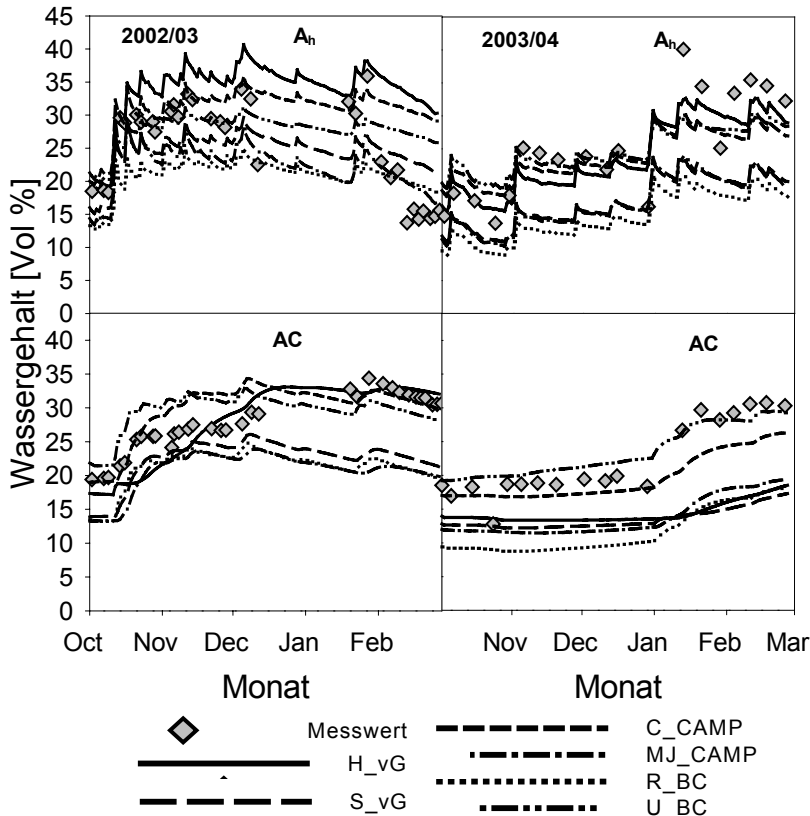


Abb. 2: Gemessener und simulierter Wassergehaltsverlauf unter Senf bei Verwendung verschiedener PTF

** Die mathematischen Gleichungen der verwendeten PTF können über die Autoren bezogen werden.

Standort geeigneteren PTF. Die maximalen Fehler zeigen jedoch, dass die texturbasierten PTF für hydraulische Untersuchungen und Prozessbeschreibungen der Wechselwirkungen Pflanze-Boden nicht ausreichend sind. Eine Verbesserung könnte über die Integration einzelner Messpunkte der Retentionskurve (z. B. 10 kPa, 33 kPa) erzielt werden oder über die Berücksichtigung von Strukturparametern (Pachepsky & Rawls 2003), die den dynamischen Einfluss von Pflanze, Wurzel und Bodenleben auf die hydraulischen Bodeneigenschaften kennzeichnen.

Literatur

Hansen, S.; E.H. Jensen; N.E. Nielsen und H. Svendsen 1990:

DAISY- Soil Plant Atmosphere System Model. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, A10.

Pachepsky, Y.A und W.J. Rawls 2003: Soil structure and pedotransfer functions. Eur. J. Soil Sci. 54: 433-451

Ertrags- und Qualitätssicherung von High-Oleic-(HO)Sonnenblumen

B. Dilci¹, G. Rühl¹, V. Hahn², B. Biskupek-Korell³, C. R. Moschner³

Einleitung

Um das Ertragsniveau der HO-Sonnenblume auch auf Grenzstandorten sowie in Jahren mit hohen Niederschlägen im Herbst zu sichern, wird im Rahmen eines von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderten Verbundprojekts geprüft, inwieweit die Basis für eine züchterische Verbesserung dieser Pflanzenart hinsichtlich der Keimfähigkeit und anschließenden Jugendentwicklung bei suboptimalen Temperaturen vorhanden ist und ob unterschiedliche pflanzenbauliche Maßnahmen geeignet sind, HO-Sonnenblumenbestände vor einem Befall mit pilzlichen Schaderregern zu schützen. Ein weiterer Projektpart beschäftigt sich mit der Abschätzung der qualitätsrelevanten Parameter durch den Einsatz der NIRS an gemahlenden sowie intakten Sonnenblumenachänen.

Material und Methoden

Im ersten Versuchsjahr wurden die Feldversuche in der FAL (Braunschweig) und der LSA Eckartsweier mit den Sorten Olsavil, PR64H41 (Pioneer Hibred) und Aurasol (Monsanto) in zweifacher Wiederholung in einer randomisierten Blockanlage angelegt. Verglichen wurden die Sprühapplikation des Pflanzenschutzstoffes BION (10, 125 und 250 ppm, appliziert zu fünf unterschiedlichen Entwicklungsstadien), die Flüssiginjektionsdüngung [als AHL (Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung), AHL mit Nitrifikationshemmer DCD (besonders bedeutsam für leichte Böden) und HAS (Harnstoff-Ammoniumsulfat-Lösung) mit jeweils 48 bzw. 60 kg N bei einer Wuchshöhe von ca. 30 und 60 cm in den Boden injiziert)] sowie eine Kombination beider Anwendungen, also die BION-Beimischung zur Düngelösung. Bonitiert wurde der Befall mit den Schaderregern *Sclerotinia sclerotiorum* und *Botrytis cinerea* in ca. dreiwöchigen Intervallen. Das Züchtungsprogramm wurde an der LSA in Eckartsweier für chemische und physikalische Analysen an gemahlenden und intakten Achänen geschlossen unter Verwendung unterschiedlicher Spektrometer (NIRSystems 6500, Infratec 1241) die Parameter „Feuchte“, „Ölsäure- bzw. Stearinsäureanteil im Öl“ sowie „Öl- und Proteingehalt“ bei der Kalibration mit Standardlaborverfahren ein.

Ergebnisse und Diskussion

Um herauszufinden, ob es züchterisch möglich ist, die Jugendentwicklung von Sonnenblumen bei suboptimalen Temperaturen zu beschleunigen, wurden zwei Experimente durchgeführt. In Experiment 1 wurden 50 Linien untersucht. In Experiment 2 wurden 13 Linien und aus diesen Linien faktoriell gekreuzte Hybriden untersucht. Ermittelt wurde: Die Anzahl aufgelaufener Pflanzen nach 20-38 Tagen; das Verhältnis insgesamt aufgelaufener Pflanzen zu der Anzahl der Pflanzen, die an den verschiedenen Terminen gezählt wurden; die Pflanzenhöhe an verschiedenen Terminen sowie die Frisch- und Trockenmasse 48 und 76 Tage nach der Saat. Die Mittelwerte der Prüfglieder unterschieden sich in beiden Experimenten signifikant für alle Merk-

¹ Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

² Universität Hohenheim, Landessaatgutanstalt Eckartsweier, 77731 Willstaett

³ FH Hannover, FB Bioverfahrenstechnik, Fachgebiet Produktion Nachwachsender Rohstoffe, Heisterbergallee 12, 30453 Hannover

male. Die meisten Merkmale wiesen signifikante GCA- und SCA-Werte auf. Die relative Heterosis für die untersuchten Merkmale lag im Mittel zwischen 0 und 60 %. Die Daten dieses einjährigen Versuchs zeigen, dass im Sonnenblumenmaterial genügend Variation in der Jugendentwicklung vorhanden ist, so dass eine Züchtung auf eine beschleunigte Jugendentwicklung erfolgversprechend ist.

Im Gegensatz zum Jahr 2002 erwies sich das Jahr 2003 mit lediglich 244 mm Niederschlag in der Vegetationsperiode von Ende April bis Mitte September als außergewöhnlich trocken. Trotz zweifacher Beregnung wiesen die Pflanzen Anzeichen von Trockenstress auf, die zu sehr unterschiedlichen Wuchshöhen, selbst innerhalb einzelner Versuchspartzen, führten. Im Gegensatz zu allen Versuchsanstellungen mit Sonnenblumen in Braunschweig in den Jahren zuvor war der Krankheitsdruck im Jahr 2003 sehr gering und beschränkte sich – wie auch am zweiten Standort in Eckartsweier - auf den vereinzelt Befall mit Wurzelsklerotinia. Dieser reichte nicht für eine statistisch abgesicherte Auswertung der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen oder deren Kombination aus, sodass die Anhaltspunkte für die positive Wirkung von BION bei Applikation über das Blatt aus dem Jahr 2002 nicht abgesichert werden konnten (Rühl und Dilci 2003).

Auch Mikrovital konnte hinsichtlich seiner Wirksamkeit zur Unterdrückung bodenbürtiger Schaderreger nicht beurteilt werden, allerdings auch zu keinen Mehrerträgen führen. Diese Mischung unterschiedlicher Mikroorganismen soll einerseits durch ihr Ausbringen in großen Mengen die bodenbürtigen Schaderreger in deren Entwicklung unterdrücken und andererseits durch weitere enthaltene Arten die Mineralisierung organischer Bodenanteile fördern. Möglicherweise konnten sich diese Stämme aufgrund der Trockenheit nicht in dem üblichen Maße entwickeln.

Die entwickelten NIRS-Kalibrationen zur Bestimmung qualitätsrelevanter Inhaltsstoffe, wie z.B. des Feuchte-, Öl- und Proteingehaltes sowie des Öl- und Stearinsäureanteils im Öl weisen einen geringen Schätzfehler auf (Moschner 2003). Zum einen konnte durch die Verbesserung des methodischen Vorgehens, wie z.B. des zeitnahen Erhebens der spektralen sowie referenzanalytischen Daten, die Vorhersagegenauigkeit erhöht werden, zum anderen ist davon auszugehen, dass die Erweiterung der bestehenden Kalibrationen mit Proben, die sich hinsichtlich der Sorte, Erntejahre und Standorte unterscheiden, zu robusteren und leistungsfähigeren NIRS-Kalibrationen führt.

Die Weiterentwicklung der bestehenden NIRS-Methoden sowie die Entwicklung von Netzwerken ist deshalb das Ziel weiterer Forschungsarbeiten. Die gleichzeitige Bestimmung mehrerer Qualitätsparameter, die unterschiedlichen Arten der Probenpräsentationen sowie die geplante Einbeziehung weiterer Spektrometer führt zu einem universellen Nutzen für die jeweiligen Anwender, um die Qualität der Sonnenblumensaat für unterschiedliche Anwendungsgebiete auf eine möglichst schnelle und kostengünstige Art zu erfassen.

Literatur

- Moschner, C. R., 2003: Abschätzung des Gehaltes wertgebender Inhaltsstoffe von Sonnenblumensaat mittels Nahinfrarotspektroskopie. Diplomarbeit aus dem FB Bioverfahrenstechnik der FHH <http://www.fh-hannover.de/imperia/md/content/zentral/forschung/berichte/nirs-diplom.pdf>.
- Rühl, G und Dilci, B 2003: Pflanzenbauliche Untersuchungen zur Ertragssicherung von HO-Sonnenblumen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 250-251.

Ertragsbildung von Körneramarant in Abhängigkeit von der Bestandesdichte

D. M. Gimplinger¹, G. Schulte auf'm Erley², H.-P. Kaul¹

Einleitung

Amarant gilt aufgrund der ernährungsphysiologisch wertvollen Körner als viel versprechende Kulturart. Eine der pflanzenbaulichen Möglichkeiten, um die Anbauverfahren in unseren Breiten zu verbessern, ist die Optimierung der Bestandesdichte. Über den Einfluss der Bestandesdichte auf den Kornertrag sowie auf die Verteilung der Sprosstrockenmasse auf einzelne Organe finden sich in der Literatur widersprüchliche Angaben. Daher wurde ein Versuch angelegt, um den Einfluss der Bestandesdichte auf die Ertragsbildung unter den Anbaubedingungen Ostösterreichs zu klären.

Material und Methoden

In zwei Versuchsjahren wurde auf der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur in Groß-Enzersdorf ein Feldversuch mit drei Genotypen (Sorte Amar, zwei Zuchtstämme) und fünf Bestandesdichten (8, 17, 35, 70, 140 Pflanzen m⁻²) durchgeführt. Durch erhöhte Aussaatmengen konnten nach Vereinzeln 2002 die angestrebten Bestandesdichten annähernd erreicht werden. In 2003 konnten nur drei der angestrebten Bestandesdichten (8, 17, 35 Pflanzen m⁻²) realisiert werden. Zu Beginn der Blüte und bei der Ernte wurde anhand von 12 Pflanzen die Verteilung der Sprosstrockenmasse auf die Pflanzenorgane Stängel, Blatt und Infloreszenz bzw. Spreu und Körner erhoben. Die Ertragsfaktoren Pflanzen m⁻² und Tausendkornmasse wurden erfasst, die Kornzahl pro Pflanze wurde errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Mit Ausnahme der Sprosstrockenmasse zur Blüte 2003 zeigte die Bestandesdichte – wie in der Literatur berichtet (Gregorová, 2001) – keinen Einfluss auf die Sprosstrockenmasse (Abb.1). Auf den Kornertrag hatte die Bestandesdichte in beiden Versuchsjahren ebenfalls keinen signifikanten Einfluss (Tab. 1). Allerdings zeigte eine großflächigere Handernte bei hohen Pflanzendichten tendenziell eine Ertragsreduktion (Schulte auf'm Erley und Kaul, 2003). Guillen-Portal et al. (1999) erklären gute Kornerträge bei hohen Bestandesdichten mit der These, dass Amarant bei hohen Pflanzendichten mehr Assimilate vom Stängel in die reproduktiven Organe verlagert. Dieser These widersprechen die Ergebnisse im vorliegenden Versuch. Hohe Bestandesdichten führten zu einem signifikant erhöhten Stängel- bzw. reduzierten Infloreszenzanteil bei der Ernte (Relativwerte nicht dargestellt). Der Harvest-Index wurde nicht signifikant beeinflusst, zeigte aber mit zunehmender Pflanzendichte eine abnehmende Tendenz. Die Tausendkornmasse (Tab.1) als weiterer Ertragsfaktor wurde von der Bestandesdichte nicht beeinflusst. Die Pflanzen reagierten aber auf zunehmende Bestandesdichten mit einer deutlich abnehmenden Kornzahl.

¹ Universität für Bodenkultur, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

² Universität Hannover, Institut für Pflanzenernährung, Herrenhaeuser Straße 2, D-30419 Hannover

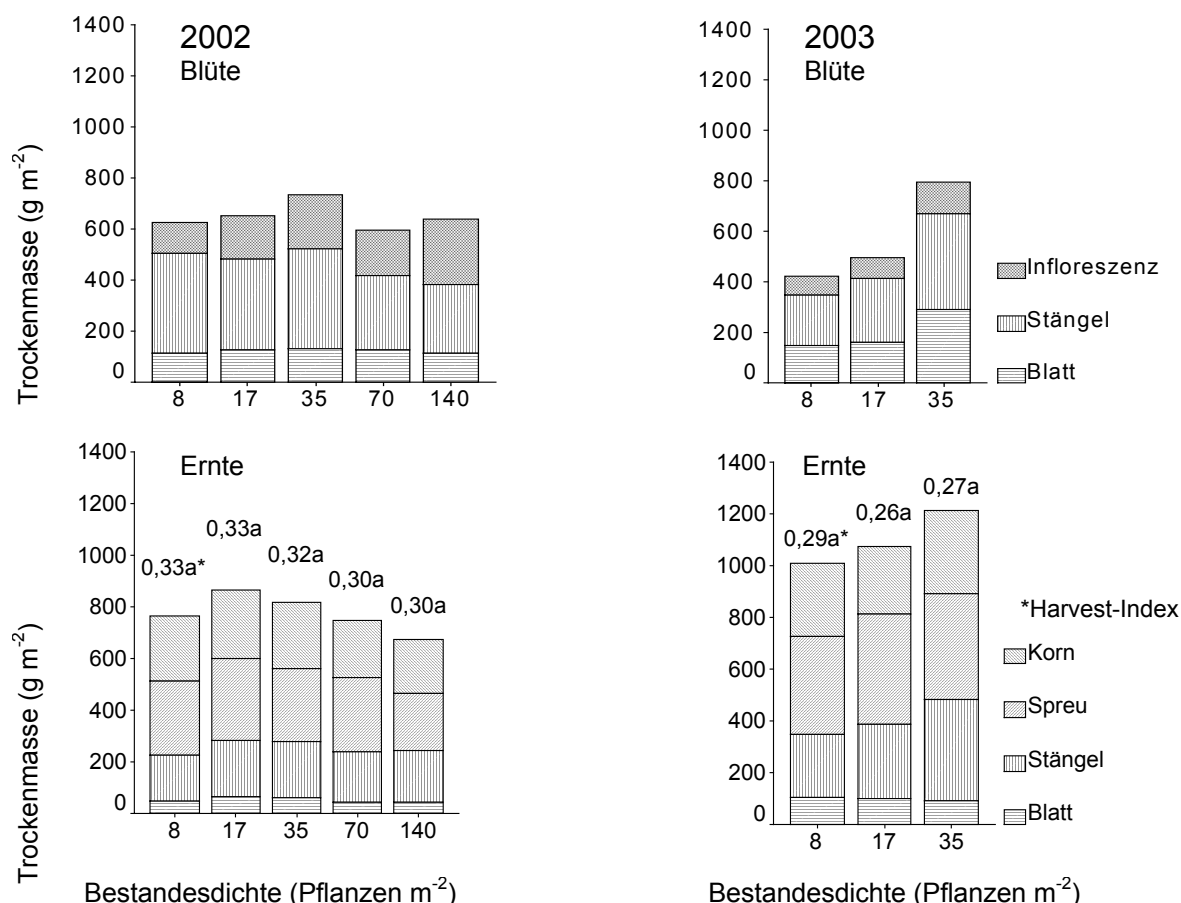


Abb. 1: Trockenmasseverteilung in Abhängigkeit von der Bestandesdichte
 *Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (SNK)

Tab. 1: Ertrag und Ertragsfaktoren in Abhängigkeit von der Bestandesdichte

Versuchsjahr Zieldichte (Pfl. m ⁻²)	2002					2003		
	8	17	35	70	140	8	17	35
Pflanzen m ⁻²	7	14	32	57	113	10	18	36
Kornzahl pro Pflanze	49300 a [§]	26000 b	10600 c	5400 d	3900 d	42300 a	20400 b	14000 b
Tausendkornmasse (g)	0,76 a	0,75 a	0,76 a	0,75 a	0,72 a	0,76 a	0,76 a	0,75 a
Kornertrag (g m ⁻²)	253 a	266 a	257 a	221 a	206 a	284 a	261 a	318 a

[§] Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (SNK)

Zusammenfassend beeinflusste die Bestandesdichte die Verteilung der Sprosstrockenmasse auf einzelne Organe, während hingegen die Korntrockenmasse unbeeinflusst blieb. Die als Folge dichter Bestände verringerte Kornzahl pro Pflanze führte zu keiner Ertragsreduktion, sondern wurde durch die höhere Pflanzendichte ausgeglichen.

Literatur

- Gregorová, H. 2001: Influence of the stand organization on the yield and quality of amaranth above-ground biomass (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Polnohospodarstvo* 47 (11): 870-884.
- 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*. 190-193. Alexandria: ASHS Press.
- Schulte auf'm Erley, G. und H.-P. Kaul 2003: Was ist die optimale Bestandesdichte für den Anbau von Körneramarant? – Effekte auf Ertrag und Morphologie. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 15: 256-257.

Entwicklung eines Tools zur regionalen Erntezeitprognose von Silomais – ein Modellvergleich

Antje Herrmann¹, Alois Kornher¹, Frank Höppner², Jörg Michael Greef², Jürgen Rath³
& Friedhelm Taube¹

Einleitung

Sowohl die Sortenwahl als die Terminierung des Erntezeitpunktes von Silomais sollten mit dem Ziel getroffen werden, die höchstmögliche Futterqualität zu erreichen. In der landwirtschaftlichen Praxis sind jedoch oft verfrühte Erntetermine zu beobachten, die zu Problemen im Hinblick auf eine verstärkte Sickersaftbildung führen. Daneben wurden in den letzten Jahren auch zunehmend verspätete Erntetermine mit Trockenmassegehalten über 35 % festgestellt, was in Nachgärungen resultieren kann. Ziel eines in Kooperation mit der FAL Braunschweig und dem Deutschen Maiskomitee durchgeführten Projektes ist es, ein praxismgerechtes Prognosesystem zur regionalen Vorhersage der Silomaisabreife zu entwickeln. Die Eignung von 3 Modellen wird untersucht: (i) das Temperatursummenmodell nach AGPM mit einer Basistemperatur von 6 °C (GDD-6), (ii) ein modifiziertes Temperatursummenmodell nach DMK unter Verwendung einer Basistemperatur von 8 °C (GDD-8) und (iii) das mechanistische, ursprünglich für Grünland entwickelte Modell FOMAQ (Kornher et al., 1991), welches neben der Temperatur weitere Erklärungsgrößen wie die Einstrahlung und den Bodenwasserhaushalt berücksichtigt.

Material und Methoden

Die Datenerhebung für die Modellkalibrierung erfolgte während 4 Versuchsjahren (2000-2003) an über 20 repräsentativen Standorten bundesweit, was eine möglichst große Bandbreite verschiedener Umwelten gewährleistete. Daten für eine Modellvalidierung werden im Jahr 2004 erhoben. Eine Voraussetzung für die Entwicklung eines bundeseinheitlichen Prognosemodells war weiterhin die hinreichende Erfassung der genotypisch bedingten Variation des Abreifeverhaltens im Maissortenspektrum. Hierzu wurde ein Prüfsortiment von 8 Genotypen ausgewählt, welches das Sortenspektrum hinsichtlich der Reifegruppe und des Abreifeverhaltens sowie der zu erwartenden Inhaltsstoffzusammensetzung repräsentiert. Der Versuch wurde in Form einer Spaltanlage mit 2 Wiederholungen angelegt, wobei die Sorten den Großteilstücken und 7 Erntetermine den Kleinteilstücken zugeordnet wurden. Die Beschreibung des Abreifeverhaltens der Sorten erfolgte primär über den TM-Gehalt der Gesamtpflanze und wurde ergänzt durch den TM-Gehalt des Kolbens und den Stärke-Gehalt der Gesamtpflanze. Entscheidend war weiterhin die exakte Ermittlung der Phänologie (Aussaat, Auflaufen, BBCH 53, BBCH 65, BBCH zu jedem Probenahmetermin).

Ergebnisse und Diskussion

Für die Simulation des TM-Gehaltes wurden 3 Varianten untersucht, nämlich die Berechnung (i) ab Aussaat, (ii) ab weiblicher Blüte unter Verwendung der bonitierten Blühtermine, und (iii) ab weiblicher Blüte, die mittels Temperatursumme prognosti-

¹ Inst. für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts Universität zu Kiel

² Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig

³ Deutsches Maiskomitee e.V., Bonn

ziert wurde. Während die ersten beiden Varianten keine deutlichen Unterschiede bezüglich der Modellanpassungen zeigten, resultierte Variante drei in großen Abweichungen zwischen beobachteten und berechneten Daten und wird daher nicht als geeigneter Ansatz für die Entwicklung eines Prognose-Tools betrachtet.

Tab. 1: Ergebnisse der Kalibrierung für den den TM-Gehalt und Stärke-Gehalt der Gesamtpflanze und den TM-Gehalt des Kolbens; die Datenbasis der vorläufigen Stärke-Kalibrierung umfasst die Jahre 2000-2002.

	Sorte	n	FOMAQ		GDD-6		GDD-8	
			r ²	RMSE	r ²	RMSE	r ²	RMSE
TM-Gehalt (g kg ⁻¹ FM)	Arsenal	391	0.90	36.2	0.87	40.8	0.87	40.7
	Oldham	391	0.90	34.0	0.87	39.3	0.87	38.3
	Symphony	391	0.92	30.7	0.87	37.8	0.88	36.4
	Probat	391	0.91	31.9	0.88	36.6	0.88	35.8
	Attribut	391	0.91	30.4	0.88	35.4	0.89	33.2
	Fuego	391	0.90	30.6	0.87	34.4	0.88	33.4
	Clarica	280	0.88	33.3	0.85	36.9	0.87	33.7
	Benicia	281	0.88	31.2	0.86	34.1	0.87	32.0
	Stärke-Gehalt (g kg ⁻¹ DM)	Arsenal	154	0.77	28.7	0.73	30.7	0.70
Oldham		154	0.74	28.4	0.72	29.7	0.69	31.2
Symphony		154	0.74	28.0	0.65	32.8	0.65	35.5
Probat		154	0.81	31.1	0.77	34.2	0.75	35.7
Attribut		156	0.71	38.1	0.75	35.2	0.71	37.6
Fuego		154	0.77	30.1	0.73	32.5	0.71	33.9
Clarica		103	0.84	32.3	0.82	33.2	0.82	33.8
Benicia		103	0.87	30.1	0.84	33.8	0.83	34.7
TM-Gehalt Kolben (g kg ⁻¹ FM)		Arsenal	267	0.94	32.2	0.94	32.4	0.93
	Oldham	267	0.92	35.7	0.91	39.4	0.91	39.0
	Symphony	267	0.91	36.4	0.90	38.5	0.89	39.0
	Probat	267	0.95	31.9	0.92	39.2	0.91	40.2
	Attribut	266	0.95	32.2	0.94	32.8	0.94	33.7
	Fuego	266	0.92	37.5	0.92	35.8	0.92	37.6
	Clarica	198	0.93	36.4	0.93	36.9	0.94	35.9
	Benicia	198	0.94	36.0	0.93	36.1	0.93	36.7

Für den TM-Gehalt von Gesamtpflanze und Kolben ergaben alle drei Modelle zufriedenstellende Anpassungen, s. Tab. 1. Durch die Berücksichtigung von Strahlung und Bodenwasser in *FOMAQ* konnte jedoch im Vergleich zu GDD-8 eine Reduktion des Prognosefehlers von 9% für den TM-Gehalt der Gesamtpflanze bzw. 6% für den Kolben-TM-Gehalt erzielt werden. Insbesondere die Daten des Versuchsjahres 2003, die durch z.T. deutlichen Trockenstress geprägt waren, belegen die Überlegenheit von *FOMAQ* für problematische Witterungs- und Standortbedingungen. Auch für die Stärke-Simulation konnte der Prognosefehler bei *FOMAQ* um 6% gegenüber GDD-6 reduziert werden. Ein Vergleich beider Temperatursummenmodelle zeigte für den TM-Gehalt der Gesamtpflanze geringfügig bessere Modellanpassungen für GDD-8, während für den Kolben-TM-Gehalt und den Stärke-Gehalt GDD-6 geringere Fehler aufwies. Weitere Modellmodifikation, eine Evaluierung und die Umsetzung von *FOMAQ* in die landwirtschaftliche Praxis sind zur Zeit in Bearbeitung.

Literatur

Kornher, A., P. Nyman, und F. Taube 1991: Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. Das Wirtschaftseigene Futter 37, 232-248.

Anpassung und Bewertung eines auf CERES-WHEAT basierenden ontogenetischen Modellmoduls für Mitteleuropa

Tobias Johnen, Ulf Böttcher & Henning Kage *

Einleitung

Eine präzise Voraussage des Eintretens von einzelnen Entwicklungsphasen ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Simulierung von Pflanzenwachstum und Ertrag. Das Ontogenese-Modul des weitverbreiteten Weizenmodells CERES-Wheat basiert nicht auf den in Europa üblichen Feekes-, Zadok's- oder BBCH-Skalen. Außerdem liegen keine umfassenden Untersuchungen zur Prognosegüte des Moduls unter mitteleuropäischen Klimaverhältnissen vor. Ziel der vorgestellten Arbeit ist es, das Ontogenese-Modul von CERES-Wheat um die Voraussage in Zadok's-Skalen zu erweitern und für mitteleuropäische Bedingungen zu parametrisieren und zu bewerten.

Material und Methoden

Die Erweiterung des neu entwickelten Moduls im Vergleich zum CERES-Wheat-Modell besteht hauptsächlich in der Integration der Blatt- und Triebzahlschätzungen und ihrer Interpretation in Zadok's-Skalenwerten bis EC 30. Die Übertragung späterer Stadien von CERES-Wheat „xstages“ in Zadok's-Skalen basiert auf dem Stickstoffmodul von CERES-Wheat.

Für die Berechnung des Phyllochron für die Blattentwicklung während der EC-Stadien 11-20 und für die Bestockungstriebe pro Pflanze während der EC Stadien 21- 30, wurden sowohl Datensätze von drei verschiedenen Standorten aus den Niederlanden (Sorte Arminda, Groot 1987) als auch vom Versuchsgut Hohenschulen Kiel (Sorte Orestis, 1991-1999) verwendet.

Photoperiodische Effekte auf die Entwicklungsrate wurden anhand von Daten von sieben verschiedenen deutschlandweiten Standorten mit je unterschiedlichen Aussaatterminen und den Sorten Kanzler und Ares (Kropf 1992) untersucht. Auf der Basis dieser Daten wurde der spezifische genetische Parameter der photoperiodischen Sensivität (P1D) geschätzt. Das Modul wurde mit unabhängigen Daten von unterschiedlichen Standorten (Jörg 2003, unveröffentl.) validiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Blattzahl am Haupttrieb und die Temperatursumme weisen eine lineare Beziehung auf. Für den gesamten Datensatz errechnet sich ein Phyllochron von 120 °Cd, welches jedoch für die einzelnen Standorte und Jahre zwischen 74 u. 132 °Cd variiert (Abb. 1). Auch die Beziehung der Triebzahl pro Pflanze zur Temperatursumme lässt sich durch eine lineare Regression beschreiben. Die Temperatursumme für die Bildung des nächsten Triebes liegt bei 112 Gradtagen.

Beide Sorten Kanzler und Ares zeigen keine signifikanten Unterschiede in ihrer photoperiodischen Sensitivität (Daten nicht gezeigt). Die geschätzten P1D Werte betragen 2,86 bzw. 2,69. Die Gegenüberstellung simulierter und gemessener EC-Stadien der Validierungsdaten deutet auf eine gute Voraussagequalität des Erweiterungsmoduls an, obwohl einzuräumen ist, dass die Schätzung des EC 29 noch nicht zufriedenstellend ist und es dafür weiterer Untersuchungen bedarf (Abb. 2).

* Institut für Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung, CAU Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

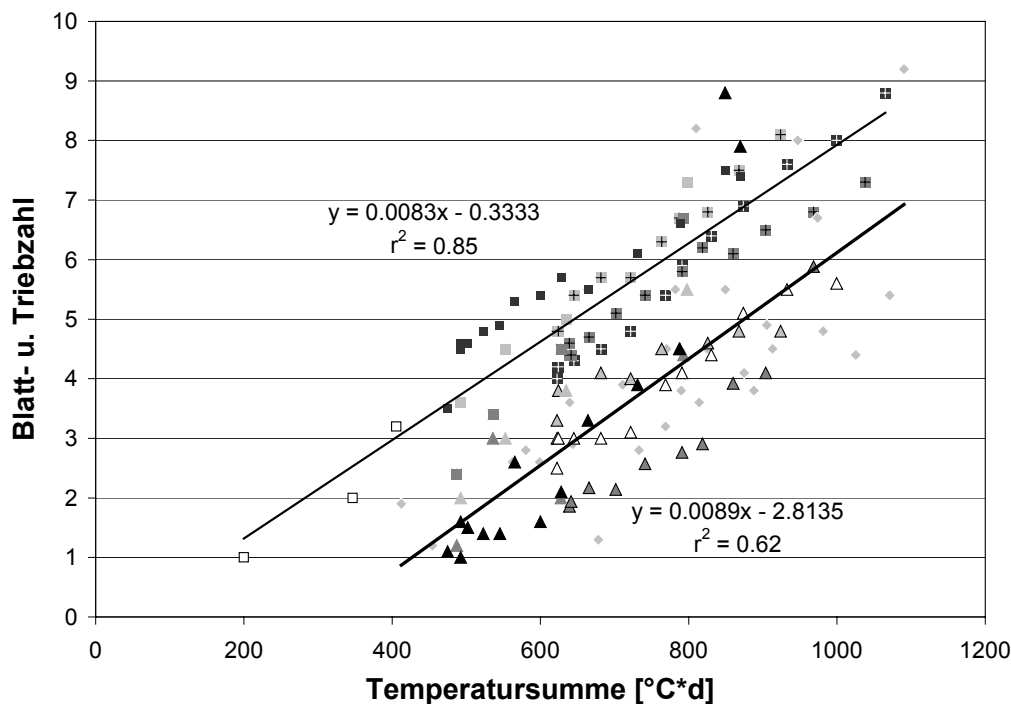


Abb. 1: Beziehung der Blatt- (-■-) und Triebzahl (-▲-) zur Temperatursumme seit Aussaat

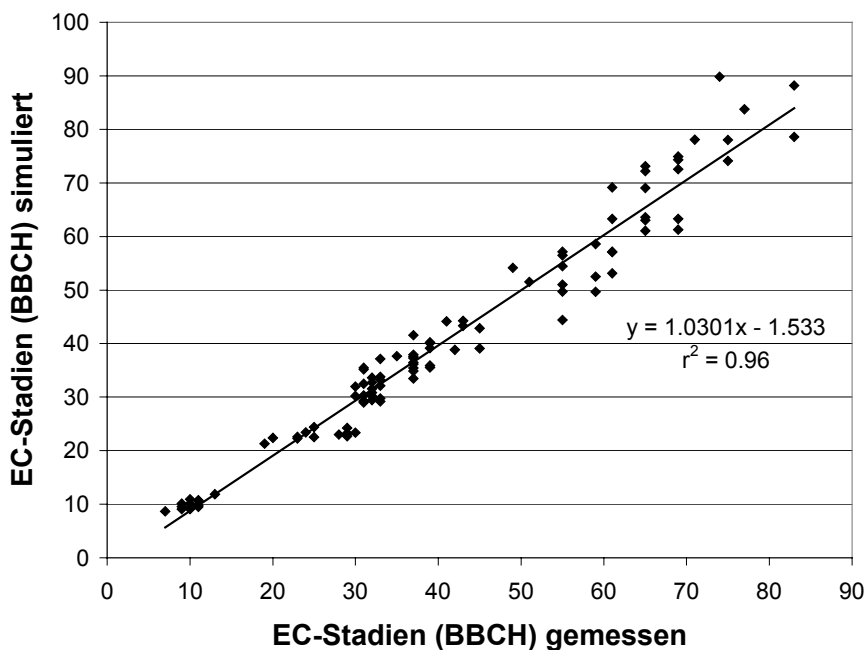


Abb.2: Geschätzte und gemessene EC-Stadien verschiedener Sorten, Aussattermine und Orte in Deutschland

Literatur

Groot, J.J.R. 1987: Simulation of nitrogen balance in a system of winter wheat and soil.

Jörg, E. 2003: Pers. Communications.

Kropf, U. 1992: Vegetative und generative Entwicklung von Haupt- und Nebetrieb des Winterweizens.

Zum Einfluss pflanzenbaulicher Maßnahmen auf die Mineralstoff-Konzentration von Winterweidefutter unter dem Aspekt Weidetetanie und Gebärparese

Katja Banzhaf & W. Opitz v. Boberfeld*

Einleitung

Unter mitteleuropäischen Verhältnissen liefert sogenanntes Winterfutter "auf dem Halm" Mutterkühen und Fleischerindern bezogen auf Masseleistung, Energiedichte und Rohprotein-Konzentration bis zum Jahresende eine angepasste Alternative zu kostenträchtigen Futterkonserven. Insbesondere bei einer winterlichen Beweidung ist weltweit allerdings das Auftreten von Krankheiten, wie z. B. der Weidetetanie, als Folge einer Mineralstoffunterversorgung oder einer Mineralstoffimbalance zu beobachten. Da in dem extensiven Produktionssystem Winteraußenhaltung die Weideaufwüchse die wichtigste Quelle für die Mineralstoffversorgung der Weidetiere darstellen, ist die Mineralstoff-Konzentration der Aufwüchse im Winter von entscheidender Bedeutung für das Weidetier, doch fehlt für mitteleuropäischen Verhältnissen bisher weitestgehend eine systematische Untersuchung zu den Konzentrationen im Winter. Unter Einschluss variierender pflanzenbaulicher Maßnahmen werden in der folgenden Untersuchung Mineralstoffmuster verschiedener Winterweideaufwüchse präsentiert.

Material und Methoden

Grundlage der Untersuchungen bilden 2 Versuchskomplexe, die jeweils als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angelegt und über zwei Untersuchungs-jahre beobachtet wurden. Im ersten Versuch "Pflanzengesellschaften" wurden Aufwüchse bestehender Weidegesellschaften (*Festuco-Cynosureten* und *Lolio-Cynosureten*) unterschiedlicher Mittelgebirgsstandorte (= Lahn-Dill-Bergland und Westwald) zur Untersuchung herangezogen. Zwecks des Vergleichs der Eignung als Winterweidefutter wurden im Versuch "Hauptbestandbilder" die Arten *Festuca arundinacea* und *Lolium perenne* als Reinsaaten auf der Versuchsstation des Instituts in Linden-Forst (= 160 m ü. NN) angesät. In beiden Versuchen wurden die Faktoren Dauer der Schonung vor der ersten Nutzung im Winter (= letzte Nutzung Anfang Juni oder Mitte Juli) und der Nutzungszeitpunkt im Winter (= versuchsabhängig November bzw. Dezember, Januar bzw. Februar) variiert. Die K-, Na-, Mg- und Ca-Konzentrationen des Pflanzenmaterials wurden am Atomabsorptionsspektrometer (Schinkel 1984), P kolorimetrisch (Gericke & Kurmies 1952), bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Versuchen geht der größte Einfluss auf die Mineralstoff-Konzentrationen vom Erntetermin im Winter aus. Das unterschiedliche Alter der Bestände zu den einzelnen Nutzungsterminen im Winter (= Vornutzung) bleibt in der Mehrzahl der Fälle dagegen ohne Bedeutung. Unterschiede zwischen den Mineralstoff-Konzentrationen der beiden Weidegesellschaften sind im Gegensatz zur Vegetationsperiode nicht relevant. Die wintergrüne Art *Festuca arundinacea* weist zu Beginn des Winters meist höhere Mg-Konzentrationen als *Lolium perenne* auf, doch liegen die

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

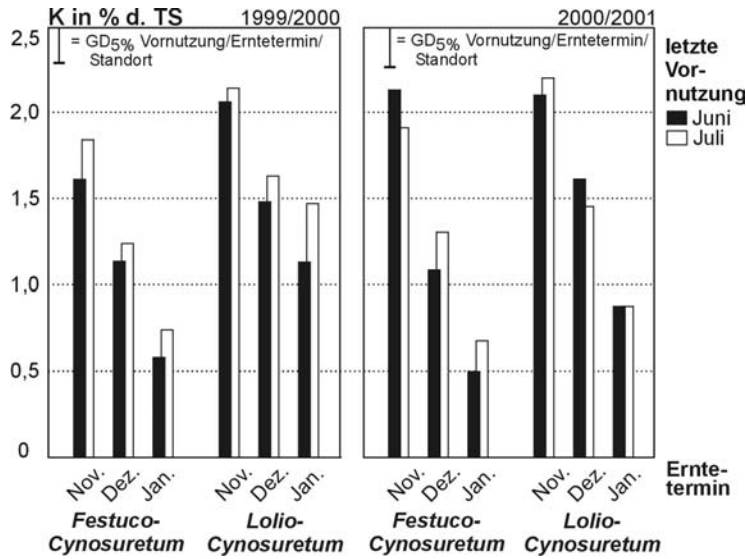


Abb.1: K-Konzentrationen

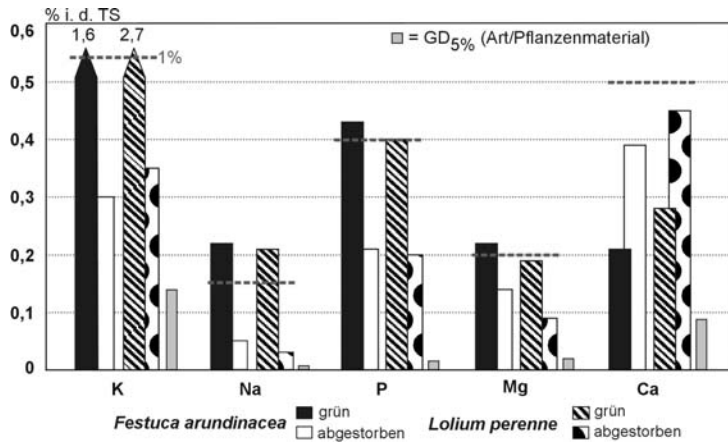


Abb. 2: Mineralstoffmuster

in Kombination mit witterungsbedingten Einflüssen, zum Tragen kommen. Abb. 2 zeigt dazu die Mineralstoff-Konzentrationen der beiden Arten *Festuca arundinacea* und *Lolium perenne* in Abhängigkeit vom Zustand des geernteten Pflanzenmaterials. Unabhängig von Art und Mineralstoff geht der größte Effekt vom Zustand des Pflanzenmaterials aus; das noch grüne Pflanzenmaterial weist die höheren P-, K-, Na- und Mg-Konzentrationen auf, Ca ist jedoch im abgestorbenen Material am höchsten. Die zusätzlichen Markierungen beschreiben die von der Tierernährung für eine angepasste Versorgung der Weidetiere geforderten Mindestkonzentrationen im Weidaufwuchs. Während das grüne Pflanzenmaterial mit Ausnahme von Ca adäquate Konzentrationen aufweist, unterschreiten die Konzentrationen des abgestorbenen Materials die geforderten Werte meist deutlich. Dagegen sind weder im grünen noch im abgestorbenen Pflanzenmaterial adäquate Ca-Konzentrationen (> 0,5 %) vorhanden; bei ausbleibender Supplementierung ist insbesondere gegen Ende des Winters die Gefahr des Auftretens von Gebärparese gegeben.

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 Calcium, Strontium, Kalium, Lithium, Eisen, Mangan, Chrom, Nickel, Kupfer, Zink und Cadmium. - Analytische Chemie, 317, 10-26.

Werte meist unterhalb der geforderten Mindestkonzentration (= 0,2 % Mg) für eine adäquate Versorgung der Weidetiere. Dieser Mangel gewinnt im Zusammenhang mit den K-Konzentrationen im Winter an Bedeutung. Abb. 1 zeigt die K-Konzentrationen zweier ausgewählter, als repräsentativ einzustufender Flächen des Versuchs "Pflanzengesellschaften", die in Abhängigkeit von Vornutzung und Erntetermin im Winter dargestellt sind. Die höchsten K-Konzentrationen werden im November erreicht und nehmen mit fortschreitendem Winter um bis zu 1 % ab. Die zu Winterbeginn vergleichsweise hohen K-Konzentrationen können antagonistisch auf Mg wirken und zum Auftreten von Weidetetanie beitragen. Die markante Abnahme der K-Konzentration wird offenbar vorwiegend durch Auswaschungsprozesse hervorgerufen, die besonders auf senescentes Pflanzenmaterial,

Einfluss endophytischer Pilze auf Ertragsmerkmale beim Deutschen Weidelgras (*Lolium perenne* L.)

Heike Hahn*, U. Hesse** & W. Diepenbrock*

Einleitung

Häufig hängt die Ausprägung von Ertragsmerkmalen bei Gräsern nicht nur vom Genotyp und den Umweltbedingungen ab, sondern auch davon, ob die Pflanze in Symbiose mit endophytischen Pilzen lebt. Diese Pilze können eine verbesserte Toleranz der Wirtspflanze gegenüber biotischen und abiotischen Stressfaktoren bewirken. Beispielsweise können endophytinfizierte Pflanzen Schadinsekten und Nematoden abschrecken (Latch, 1993) oder auch eine verbesserte Resistenz gegenüber Trockenstress und Nährstoffmangel induzieren (Malinowski und Belesky, 2000). Diese positiven Effekte treten jedoch nur zwischen bestimmten Endophytgenotypen und Grasgenotypen auf und auch nur dann, wenn die Kompatibilität zwischen beiden Symbiosepartnern gegeben ist.

Im vorliegenden Versuch sollte geklärt werden, ob es möglich ist, Genotypen des Pilzes *Neotyphodium lolii* zu selektieren, die das Wachstum ihrer Wirtspflanze *Lolium perenne* positiv beeinflussen. Es wird angenommen, dass Endophyten häufiger auf Standorten vorkommen, die verstärktem Stresseinfluss ausgesetzt sind, da sie dort ihren Wirtspflanzen einen Selektionsvorteil bieten können. Aus diesem Grund wurden für die Untersuchungen Ökotypen von natürlichen Grünlandstandorten Sachsen-Anhalts ausgewählt, die nur einer extensiven Nutzung unterliegen, gleichzeitig aber stark von abiotischen Stressfaktoren (periodische Überflutung oder Trockenheit) beeinflusst werden.

Material und Methoden

Endophytbesiedelte Ökotypen von verschiedenen Grünlandstandorten Sachsen-Anhalts wurden verklont, um nach Fungizidbehandlung genetisch identische endophytfreie Klone zu erhalten. Pro Ökotyp wurden jeweils 15 gleichgroße endophytfreie (E-) und endophythalige (E+) Klonteile auf dem Versuchsfeld in Halle als Einzelpflanzenanlage angepflanzt. Im ersten und zweiten Versuchsjahr wurden Samenertrag und Samenqualitätsmerkmale erfasst, im dritten Versuchsjahr erfolgte die Untersuchung hinsichtlich des TM-Ertrages von zwei Grünschnitten.

Da die einzelnen Endophyt-Isolate der untersuchten Ökotypen Unterschiede in ihrer Morphologie aufwiesen, wurde jede Assoziation als einzigartige Symbiose mit spezifischen Interaktionen zwischen Endophyt und Wirtspflanze betrachtet. Folglich wurde die statistische Auswertung des Versuches mittels einer einfaktoriellen Varianzanalyse vorgenommen, die separat pro Endophyt-Gras-Assoziation und pro Jahr berechnet wurde (Hesse et al., 2004).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ökotypen von trockenen Standorten (Ökotypen A bis I) zeigten eine hohe Variation bezüglich ihrer Reaktion auf eine Endophytinfektion. Im ersten Samennutzungsjahr war in der E+ Variante die Anzahl generativer Triebe bei vier

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

** University of Kentucky, Department of Plant Pathology, 201A Plant Science Building, 1045 Veterans Drive, Lexington, KY 40546-0312, USA

Ökotypen (A,B,C,D) und der Samenertrag bei fünf Ökotypen (A,B,C,D,E) gegenüber E- erhöht. Jedoch waren diese Endophyteeffekte nicht beständig, denn im zweiten Versuchsjahr konnten für keinen dieser Ökotypen positive Endophyteeffekte auf die Anzahl generativer Triebe oder den Samenertrag nachgewiesen werden. Bei zwei Ökotypen (C und D) zeigte E- sogar signifikant geringere Triebzahlen. Negative Effekte einer Endophyteninfektion wurden über beide Samennutzungsjahre für die zwei Ökotypen (J und K) von Standorten gefunden, die periodischer Trockenheit bzw. Überflutung ausgesetzt sind. Demgegenüber wurden für zwei Ökotypen (L und M) von feuchten Standorten beständig positive Endophyteeffekte in den beiden Samennutzungsjahren festgestellt.

Der Einfluss einer Endophyteninfektion auf die Saatgutqualität war ebenfalls unbeständig. Zur ersten Samenernte reagierten fünf Ökotypen (D,E,J,K,L) mit signifikant höheren TKM, fünf andere Ökotypen (A,B,C,G,H) mit signifikant niedrigeren TKM auf eine Endophyteninfektion. Bei der zweiten Samenernte zeigten nur 2 Ökotypen (I und H) signifikante Differenzen zwischen den Varianten E+ und E-. Die Endophyteninfektion wirkte sich in keinem Jahr negativ auf die Keimfähigkeit aus. Für die im dritten Versuchsjahr erfasste TM von zwei Grünschnitten wurden kaum signifikante Unterschiede zwischen E+ und E- Varianten festgestellt. Nur die beiden Ökotypen (J,K) von Standorten mit periodischer Trockenheit bzw. Überflutung zeigten bei beiden Grünschnitten Vorteile für die E- Variante.

Bezüglich der Merkmale Samenertrag und Anzahl generativer Triebe wurde nachgewiesen, dass Ökotypen mit geringer Triebzahl bzw. geringem Samenertrag in der E- Variante einen positiven Endophyteneinfluss zeigten, wogegen eine Endophyteninfektion bei Ökotypen mit hoher Produktivität der E- Variante keinen oder sogar einen negativen Effekt auf die Leistung der Pflanze hatte.

Die meisten signifikanten Unterschiede konnten für das erste Versuchsjahr nachgewiesen werden. Eine Erklärung hierfür kann eine höhere Variabilität zwischen den Klonen innerhalb eines Ökotyps im zweiten und dritten Jahr liefern, wodurch Unterschiede zwischen E+ und E- maskiert gewesen sein könnten.

Bei einigen Ökotypen (C,D,E) haben sich die im ersten Jahr auftretenden positiven Endophyteeffekte im zweiten und dritten Jahr in negative Effekte umgekehrt. Möglicherweise variiert der Einfluss des Endophyten in Abhängigkeit vom Lebenszyklus der Wirtspflanze und von der Ausbreitung des Pilzes innerhalb der Pflanze.

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass es möglich ist, Endophyten zu selektieren, die einen positiven Einfluss auf die Ertragsmerkmale der Wirtspflanze haben. Weitere Untersuchungen sind notwendig um zu klären, ob positive Endophyteeffekte auch unter schwankenden Umweltbedingungen stabil bleiben und ob geeignete Endophyten auch in anderen Gras-Genotypen als der Wirtspflanze Vorteile für die Pflanze induzieren können.

Literatur

- Hesse, U. Hahn, H., Andreeva, K., Förster, K., Warnstorff, K., Schöberlein, W., Diepenbrock, W., 2004: Investigations on the influence of *Neotyphodium* endophytes on plant growth and seed yield of *Lolium perenne* genotypes. Crop Sci. 44 (in press)
- Latch, G.C.M., 1993: Physiological interactions of endophytic fungi and their hosts. Biotic stress tolerance imparted to grasses by endophytes. Agric. Ecosystems Environ. 44: 143-156
- Malinowski, D, Belesky, D, 2000: Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: Mechanisms of drought and mineral stress tolerance. Crop Sci. 40: 923-940

Möglichkeiten der Erhöhung des Futterwertes von Kulturgräsern

Jürgen Müller*

Einleitung

Mit den betriebswirtschaftlich notwendigen Leistungssteigerungen in der tierischen Produktion geht eine Erhöhung der Anforderungen an die Fütterung einher (Südekum 1999). Im Falle der Grundfutterkomponenten schlagen sich diese sowohl in nutritiven Merkmalen (Erhöhung der Energiedichte) als auch in verzehrsbestimmenden und diätetischen Merkmalen (Futterakzeptanz, Gärqualität, Hygienestatus) nieder. Futter muss zukünftig gezielter für den jeweiligen Einsatzbereich produziert werden. Natürliche Pflanzenbestände lassen dies nur im begrenzten Maße zu. Es besteht somit ein großes Interesse an der Erhöhung des Futterwertes von Kulturgräsern (Hides 1999).

Stand des Wissens

Die Mehrzahl der qualitätsbestimmenden Merkmale von Futtergräsern weist eine starke Abhängigkeit vom physiologischen Entwicklungsstadium auf (Daniel *et al.* 1981). Dieser Sachverhalt führte bis in die 80er Jahre zu einer Erhöhung der Futterqualität vornehmlich über produktionstechnische Maßnahmen. Eine Erhöhung der Nutzungsfrequenz und der Düngung, namentlich an Stickstoff, waren die probaten Mittel insbesondere zur Erhöhung der Energiekonzentration und des Rohproteingehaltes. Diese Entwicklung ging nicht nur mit einer Reduzierung des Artenspektrums an anbauwürdigen Futtergräsern einher, sondern führte zu einer starken Fokussierung auf quantitative Leistungsmerkmale (Ertrag, Nutzungsverträglichkeit). Im Zuge der weiteren Steigerungen der Milchleistungen wurden die Grenzen dieser Vorgehensweise jedoch sichtbar (Müller 2002a). Monetäre und arbeitswirtschaftliche, aber auch ernährungsphysiologische Gründe sprechen gegen eine weitere Erhöhung der Nutzungsfrequenz. So rückten in den 90er Jahren die endogenen Qualitätseigenschaften der Futtergräser wieder stärker in den Blickpunkt des wissenschaftlichen Interesses.

Tab. 1: Sorteneffekte im Hinblick auf die Futterqualität

Autoren	Land	Art	Prüfmerkmal	Effekte
Visscher (1992)	Niederlanden	<i>Lolium perenne</i>	Verdaulichkeit	2-3% Differenz
De Vliegher & Carlier (1994)	Belgien	<i>Lolium perenne</i>	Verdaulichkeit	1,5-3,2 % Differenz
Frandsen (1986)	Dänemark	<i>Lolium perenne</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Festuca pratensis</i>	Verdaulichkeit	- 11,5 % Differenz - 8,7 % Differenz - 9,8 % Differenz
O'Riordan (1998)	Irland	<i>Lolium perenne</i>	Futteraufnahme bei Beweidung	41% Differenz zwischen bester und schlechtesten Sorte
Bruns (1991)	Niederlanden	<i>Lolium perenne</i>	Milchleistung	1,5 kg FCM / d (nur im Herbst)
Emile <i>et al.</i> (1998)	Frankreich	<i>Lolium perenne</i>	Milchleistung	1,3 kg FCM / d Differenz

* Forschungs- u. Studienzentrum f. Veredelungswirtschaft Weser-Ems der Universität Göttingen in D-49377 Vechta, Driverstr. 22, www.fosvwe.agrar.uni-goettingen.de

Dass es hinsichtlich spezieller Qualitätseigenschaften auch innerhalb einer Art nachweisbare Unterschiede gibt, belegen etliche europäische Untersuchungen (Tab. 1). Niederländische Arbeiten (Smit et al. 2000) zeigen darüber hinaus, dass es in Abhängigkeit von der Sorte bei *Lolium perenne* zu Unterschieden in der Effizienz der Milchproduktion kommen kann, die nicht auf Unterschiede in der Energieaufnahme zurückzuführen sind.

Ausblick

Es gilt daher, zum einen bestehende positive Qualitätseigenschaften von Zuchtsorten zu detektieren und zum anderen züchterisch auf eine weitere Verbesserung des Futterwertes von Neuzüchtungen hin zu arbeiten. Beide Prozesse laufen parallel ab und haben viele gemeinsame methodische Probleme, die im Folgenden betrachtet werden sollen.

1. Interaktion Umwelt - Futterwert

Wie bei allen züchterisch zu bearbeitenden Merkmalen muss auch bei den verschiedenen Parametern des Futterwertes zunächst einmal geklärt werden, inwieweit der Genotyp überhaupt die Merkmalsausprägung beeinflusst (Heritabilität) und welchem Einfluß der Umwelt zukommt. Auf die besondere Schwierigkeit im Falle mehrjähriger und mehrschnittiger Futtergräser wird von etlichen Autoren hingewiesen (Cherney 1992, Müller 2002b).

Lösungsansatz:

- standardisierte Versuchsanlagen auf ausgewählten Standorten mit einem streng an entwicklungsphysiologischen Kriterien orientierten Schnittregime

2. Interaktion Entwicklungsstadium - Futterwert

Um Parameter des Futterwertes als vergleichende Kriterien zur Sortenbewertung heranziehen zu können, bedarf es in Anbetracht zu erwartender geringer Unterschiede einer einheitlichen Vergleichsbasis. Eine Lösung wird zuweilen in der Schaffung vergleichbarer Kategorien des Reifestadiums gesehen. Wie die Erfahrungen mit phänotypisch stark variierenden Arten wie *Lolium perenne* L. aber zeigen, reichen grobe Abstufungen nach Reifegruppen noch nicht aus. Zudem bietet die Fixierung auf ein bestimmtes Entwicklungsstadium noch keine Gewähr dafür, dass sich die Verhältnisse in einer anderen Entwicklungsphase adäquat darstellen.

Lösungsansätze:

- Vergleich auf der Basis von Trendfunktionen (Qualitätsentwicklung innerhalb definierter Entwicklungsabschnitte)
- Beschränkung auf bestimmte Pflanzenkompartimente (Blätter, Stengel)
- Bildung abgeleiteter Qualitätsmerkmale mit geringerer Entwicklungsabhängigkeit (Einbeziehung von Wachstumstagen bzw. weiteren Indikatoren des Reifestadiums)

Literatur

- Daniel, P., Rotermund, M.-L., Simon, U., Wermke, M. und E. Zimmer 1981: Die in-vitro-Verdaulichkeit als Qualitätsmerkmal bei der Sortenbeurteilung von Futtergräsern. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 59
- Hides, D. H., 1999: Maximising the potential of farm-produced forage with new varieties. Irish Grassland & Animal Production Association Journal 33: 17-26
- Südekum, K.-H., 1999: Wiederkäuergerechte Ernährung der Hochleistungskuh (Pansenstoffwechsel, Dünndarmverdauung, Kohlenhydratverdauung). In: Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein (Hrsg.) 26. Viehwirtschaftl. Fachtagung: 1-8.

Aerobe Stabilität von Silagen aus zuckerreichen Gräsern (EU-Projekt 'SweetGrass')

Günter Pahlow, Siriwan Martens & Jörg Michael Greef*

Einleitung

Neuzüchtungen von *Lolium perenne* mit Zuckergehalten bis zu 30% in der Trockenmasse (TM) ermöglichen allein oder in Kombination mit eiweißreichen Leguminosen Effizienzsteigerungen in der nachhaltigen Wiederkäuer-Produktion. Allerdings weisen Silagen aus derartigen Gräsern häufig höhere Restzuckergehalte auf und neigen zur Nacherwärmung durch milchsäureabbauende Hefen. Die Studie diente der Erprobung von Verfahren zur Maximierung der Zuckerkonzentration im silierten Gut sowie der Untersuchung des Effektes einer Mischsilierung mit Luzerne, die selbst aerob ausgesprochen stabil ist (Pahlow et al., 2000; 2003; Albrecht and Beauchemin, 2003).

Material und Methoden

Zwei Sorten von *Lolium perenne* ('Aberdart' = ABD und Fennema = FEN) sowie *Medicago sativa* ('Planet' = PLA) wurden im Rahmen eines EU-Gemeinschaftsprojektes auf den Versuchsflächen der FAL Braunschweig in Reinbeständen etabliert und als Anwelkgut bei ca. 45% Trockenmassegehalt (TM) in Laborsilos bei 25 °C einsiliert. Zur Verbesserung der aeroben Stabilität wurde ein Silage-Impfpräparat aus Milchsäurebakterien (*Lactobacillus plantarum*) jeweils in Kombination mit 400 g/t Siliergut an Natriumbenzoat bzw. mit Kaliumsorbat eingesetzt. (Experiment **A**). Außerdem erfolgte eine Mischsilierung des Grases mit Luzerne im Verhältnis von 100 : 0, 75 : 25 und 50 : 50 (Experiment **B**). Die chemische Zusammensetzung und den mikrobiellen Status der Ausgangsmaterialien zum Silierzeitpunkt zeigt Tabelle 1. Die Silagen wurden nach 90-tägiger Lagerdauer auf Gärparameter, Zucker, Gärverluste und die aerobe Stabilität über 7 Tage untersucht. Dazu diente die Methode nach HONIG (1990), bei der für die thermoisolierte Silageprobe mit einem Messfühler (KTY 10) der Beginn und das Ausmaß der Temperaturerhöhung durch mikrobiellen Verderb ermittelt wird. Daraus lässt sich jeweils die Höhe der eingetretenen aeroben TM-Verluste berechnen.

Tab. 1: Chemische und mikrobiologische Zusammensetzung des Siliergutes

Exp.	Futterart/Mischung	TM-Gehalt g TM kg ⁻¹	Zucker G kg ⁻¹ DM	Z/PK- Quotient	MSB log KBE x g ⁻¹ FM	Hefen
A	FENNEMA	423	220	5,5	4,2	1,8
B	100% ABD+0% PLA	460	161	6,0	< 2	3,7
B	75% ABD+25% PLA	478	142	3,8	< 2	3,2
B	50% ABD+50% PLA	484	127	2,8	< 2	3,4

Z/PK = Zucker – Pufferkapazitäts-Quotient; MSB = Milchsäurebakterien; KBE = koloniebild. Einheiten

Ergebnisse und Diskussion

Die Konzentration an vergärbaren Kohlenhydraten beider Grassorten war geringer als erwartet, insbesondere in Exp. **B**. Die Gärqualität wurde durch die Silierzusätze in Exp. **A** von 50 auf 70 gesteigert, vor allem durch intensivere Milchsäurebildung und pH-Absenkung sowie eine Reduzierung der Alkoholproduktion um 80 % und des

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) Bundesallee 50, D 38116 Braunschweig

Proteinabbaus um ca. 40%. Dementsprechend wurden die Gärverluste gemindert. Die Restzuckergehalte lagen höher und die Unterdrückung der Hefen durch das antimykotisch wirkende Sorbat und Benzoat ergab vollständige aerobe Stabilität des Futters (**Tab. 2**).

Tab. 2: Effekt von MSB und chemischen Zusätzen auf Gärverlauf und aerobe Stabilität zuckerreicher Grassilagen (Exp. **A**):

Behandlung	pH 90. Tag	Gärgas- Verluste	Rest- Zucker	Aerobe Stabili- tät	Aerobe TM- Verluste
		g kg ⁻¹ TM		Tage bis zur Erwärmung	g kg ⁻¹ TM
Kontrolle	5,4	60	114	4,1	103
Impfzusatz + Benzoat	3,8	14	149	≥7,0	0,0
Impfzusatz + Sorbat	3,8	15	148	≥7,0	0,0
(s)	(0,6)	(18)	(14)	(1,2)	(41)

Infolge des sehr niedrigen MSB-Besatzes sank der pH-Wert in Exp. **B** kaum. Der Luzernezusatz erhöhte den Restzuckergehalt signifikant, senkte die Gärverluste erheblich und steigerte beim Anteil von 50% die aerobe Stabilität um >30% (**Tab. 3**). Der Hefebesatz bei der Entnahme war generell gering. Mit zunehmendem Leguminosenanteil verminderte sich der insgesamt sehr begrenzte Milchsäuregehalt der Silagen nach 90 Tagen Lagerdauer von 5 auf 3 g kg TM⁻¹.

Tab. 3: Effekt der Gras - Luzerne Mischung auf Gärverlauf und aerobe Stabilität zuckerreicher Grassilagen (Exp. **B**):

Futterart/Mischung	pH 90. Tag	Gärgas- Verluste	Rest- Zucker	Aerobe Stabilität	Aerobe TM- Verluste
		g kg ⁻¹ TM		Tage bis zur Erwärmung	g kg ⁻¹ TM
100% ABD : 0% PLA	6,1	59	89	3,8	96
75% ABD : 25% PLA	5,9	22	119	3,2	66
50% ABD : 50% PLA	5,7	7	118	6,5	26
(s)	(0,2)	(22)	(14)	(1,4)	(28)

Folgerung

Restzuckermengen und aerobe Stabilität von Silagen aus Gras mit erhöhten Zuckergehalten lassen sich sowohl durch Kombinationen aus MSB mit organischen Salzen als auch die Beimischung von etwa 50 % Luzerne gesichert erhöhen. Dabei sinken auch die Siliervverluste. Die Siliermittelvariante mit Impfzusatz steigerte gleichzeitig die Gärqualität. Für angewinkelte Gras - Leguminosenmischungen ist zur Gärungsunterstützung die Anwendung eines Silage - Impfpräparates generell zu empfehlen.

Literatur

- Albrecht, K.A. and Beauchemin 2003: Alfalfa and other perennial legume silage. *Silage Science and Technology*. Agronomy Monograph no. 42, 633-664
- Honig, H. 1990: Evaluation of aerobic stability. In: Lindgren, S. and Lunden Petterson, K. (eds) *Proceedings of the EUROBAC Conference, Uppsala, 1986 Grovfoder Grass and Forage Reports*, Spec. issue 3, pp. 76-82.
- Pahlow, G., Rammer, Chr., Tuori, M. and Wilkins, R. 2000: LEGSIL: Ensiling of established and novel legumes in Germany, Sweden and Finland. *Grassland Science in Europe*, Vol: 5:56-58.
- Pahlow, G., Muck, R., Driehuis, F., Oude Elferink, S. and Spoelstra, S., 2003: Microbiology of ensiling. *Silage Science and Technology*. Agronomy Monograph no. 42, 31-93

Ertrag, N₂-Fixierungsleistung und Wassernutzungseffizienz von Futterleguminosen in einem Ökologischen Anbausystem

G. Pietsch*, J. K. Friedel* & B. Freyer*

Einleitung

In viehlosen Ackerbaubetrieben in der pannonischen Klimaregion im Osten Österreichs spielt der Anbau von Futterleguminosen vor allem zur Nutzung als Gründüngung eine entscheidende Rolle. Schätzungen über die N₂-Fixierungsleistung verschiedener Leguminosenbestände sind für den Ökologischen Landbau von grossem Interesse, um die Frage zu klären, ob die N₂-Fixierung unter den vorherrschenden Standortbedingungen für die N-Versorgung der Kulturen in der Fruchtfolge ausreicht.

Material und Methoden

In zwei aufeinander folgenden Jahren (2000, 2001) wurden auf den Versuchsflächen des Institutes für Ökologischen Landbau (Raasdorf, ca. 5 km östlich von Wien) in einem Anbauversuch die Ertrags- und N₂-Fixierungsleistung sowie die Wassernutzungseffizienz von überjährig angebauten Futterleguminosen (Luzerne, Rotklee, Weißer Steinklee) und Luzerne-Nutzungsformen (Schittnutzung versus Mulchnutzung) untersucht. Die Versuchsflächen in Raasdorf befinden sich auf einer Seehöhe von ca. 150 m. Der Boden entspricht einem tiefgründigem Tschernosem aus Löss der Bodenart schluffiger Lehm, einem Humusgehalt von 4-5 % und einem pH-Wert (CaCl₂) von 7,6. Die jährlichen Niederschlagssummen waren in beiden Versuchsjahren (ca. 500 mm) im Vergleich mit dem langjährigen Durchschnitt (554 mm) zu gering. Von Mai bis Juni fielen im Vergleich zum langjährigen Mittel um 55 - 79 mm weniger. Die Monatsmittelwerte der Temperatur waren mit 11,3° C etwas höher als das langjährige Temperaturmittel (9,8° C). Die Schätzung der N₂-Fixierungsleistung erfolgte durch Ausbringen von 0,1 kg ¹⁵N-angereichertem KNO₃ ha⁻¹ (zur Saat) und Anwendung der ¹⁵N-Verdünnungsmethode (McAuliffe et al. 1958). Der Wasserverbrauch (i.e.S. die Evapotranspiration) der Leguminosenbestände wurde mit Hilfe der klimatischen Wasserbilanz (Ehlers 1997) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel beider Versuchsjahre erreichte die Luzerne sowohl die beste Ertrags- (ober- und unterirdische Biomasse) als auch die höchste N₂-Fixierungsleistung von allen untersuchten Leguminosenarten (siehe Tabelle 1). Durch die große Wurzelmassebildung stellt der Stickstoff in den Ernterückständen der Luzerne somit eine bedeutende Nährstoffquelle für die Nachfrucht dar. Der Weiße Steinklee zeichnete sich durch seine enorme Bestandeshöhe aus und erreichte zum 2. Schnitt-Termin im Jahr 2000 einen höheren Schnittgutertrag (27 dt ha⁻¹) als Luzerne (12,3 dt ha⁻¹). Aufgrund seiner geringeren Jungendentwicklung, Blatt- und Wurzelmassebildung war der Weiße Steinklee der Luzerne beim 1. und 3. Schnitt-Termin unterlegen. Der Rotklee erwies sich gegen die trockenen klimatischen Bedingungen in beiden Versuchsjahren empfindlicher als die Luzerne. Die Wassernutzungseffizienz (20,2-24,1 kg TM ha⁻¹ mm⁻¹) bzw. der Evapotranspirationskoeffizient (415 - 496 l H₂O kg⁻¹ TM) ergab keine Unterschiede zwischen den Leguminosenarten.

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien

Tab. 1: TM-Ertrag Schnittgut, Stoppeln und Wurzeln (0 - 60 cm) sowie N₂-Fixierungsleistung und Ndfa (Anteil N aus der Luft) von Luzerne, Rotklee und Weißem Steinklee in den Jahren 2000 und 2001

Variante	TM-Ertrag Gesamt ¹ Schnittgut [dt ha ⁻¹]	TM-Ertrag ² Stoppeln [dt ha ⁻¹]	TM-Ertrag 0-60 cm ² Wurzeln [dt ha ⁻¹]	N ₂ -Fixierleistung ³ [kg ha ⁻¹]	Ndfa ⁴ [%]
Luzerne	79	13	39	137	40
Rotklee	64	14	18	96	18
Weisser Steinklee	69	11	15	92	15

¹: 1.-3. Schnitt-Termin, ²: 3. Schnitt-Termin, ³: 1.-3. Schnitt-Termin, ⁴: Anteil N aus der Luft zum 3. Schnitt-Termin

Durch die Nutzungsform der Gründüngung (Mulchnutzung) kann die N₂-Fixierleistung der Leguminose gegenüber der futterbaulichen Nutzung (Schnittnutzung) um 30 % reduziert werden. Gründe dafür sind die Hemmung der N₂-Fixierleistung durch den aus dem Mulchmaterial des Voraufwuchses mineralisierten N und eine ertragsreduzierende Wirkung durch das beschattende Mulchmaterial (Loges und Heuwinkel 2004). Die Bedeckung des Bodens mit Mulchmaterial wirkte sich nicht nachteilig auf den Wiederaustrieb und die Ertragsbildung der Luzernepflanzen aus (siehe Tabelle 2) und reduzierte die Evaporation auf den Versuchspartellen. Dadurch war die Wassernutzungseffizienz der mulchgenutzten Luzernebestände (34,5 kg ha⁻¹ mm⁻¹) höher als der schnittgenutzten Bestände (27,2 kg ha⁻¹ mm⁻¹). Durch die ungünstigen Mineralisationsbedingungen im Frühjahr (geringe Niederschläge) waren die Mineralstickstoffgehalte im Boden (N_{min}) der mulchgenutzten Luzernebestände gegenüber der Schnittnutzung nicht erhöht und die N₂-Fixierungsleistungen bzw. der Anteil N aus der Luft gleichwertig.

Tab. 2: TM-Ertrag Schnittgut, Stoppeln und Wurzeln (0 - 60 cm) sowie N₂-Fixierungsleistung und Ndfa (Anteil N aus der Luft) von Luzerne- und Luzerne-Gras-Beständen in Mulch- und Schnittnutzung im Jahr 2001

Variante	TM-Ertrag Gesamt ¹ Schnittgut [dt ha ⁻¹]	TM-Ertrag ² Stoppeln [dt ha ⁻¹]	TM-Ertrag 0-60 cm ² Wurzeln [dt ha ⁻¹]	N ₂ -Fixierleistung ³ [kg ha ⁻¹]	Ndfa ⁴ [%]
Mulchnutzung	134	8	18	202	56
Schnittnutzung	99	6	33	183	30

¹: 1.-3. Schnitt-Termin, ²: 3. Schnitt-Termin, ³: 1.-3. Schnitt-Termin 2001, ⁴: Anteil N aus der Luft zum 1.-3. Schnitt-Termin 2001

Literatur

- Ehlers, W. 1997: Zum Transpirationskoeffizienten von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen. Pflanzenbauwissenschaften 1 (3): 97-108.
- Loges, R. und H. Heuwinkel 2004: Mulchen oder Schnittnutzung von Klee gras – Auswirkung der Bewirtschaftung von Klee grasbeständen auf den N-Haushalt von Fruchtfolgen. In: Viehloser Öko-Ackerbau – Beiträge, Beispiele, Kommentare. Hrsg.: Schmidt Harald, Bundesprogramm Ökologischer Landbau: 21-25.
- McAuliffe, C.; Chamblee, D.S., Uribe-Arango, H. und W.W. Woodhouse 1958: Influence of inorganic nitrogen on nitrogen fixation by legumes as revealed by N¹⁵. Agronomy Journal 50: 334-337.

Brachebegrünung und Rekultivierung von verlassenen Ackerland in Steppe zur Winterfutterproduktion in der Mongolei

Undrak-Od Baatar, P. Liebhard* & Brigitte Klug

Einleitung

Die mongolische Lebensweise – die nomadische Landbewirtschaftung - war über Jahrhunderte hindurch geprägt durch individuelle Unabhängigkeit und ganzjährige Selbstversorgung und auch die Grundlage für das Gleichgewicht zwischen Natur und Mensch. Diese traditionelle Landbewirtschaftung ist an die überwiegend extremen Klimabedingungen angepasst. Innerhalb von wenigen Jahrzehnten kam es zu einer mehr als 50 %igen Verlagerung der Bevölkerung aus den Aimaks in die Großstädte sowie in die Verwaltungszentren und Dörfer.

Die Konzentrierung der Bevölkerung in den Ballungsräumen erfordert eine Änderung der Landnutzung. Im Umland der permanenten Siedlungen ist daher keine ausschließliche Weidenutzung der Steppe in der bisherigen Form mehr zweckmäßig.

Auch bei den nomadisierenden Viehzüchtern kam es vom Jahr 1990 bis 2003 zu einer Verdoppelung der Betriebszahl von ca. 90 000 auf 183 000 mit gleichzeitiger Erhöhung des Nutztierbestandes von ca. 23 Mio auf 33 Mio. Die neugegründeten Viehzuchtbetriebe befinden sich großteils in der Nähe der permanenten Siedlungen. Bis zum Jahr 1990 wurde die neu (1970 bis 1985) umgebrochene Fläche (ca. 1,3 Mio. ha) von etwa 80 Betrieben zentralistisch ackerbaulich bewirtschaftet (starre Regelung in der Fruchtfolge mit einer bedeutenden Luzerneanbaufläche). Nach der politischen Wende (1989 - 1990) kam es zur Teilprivatisierung und viele landwirtschaftliche Betriebe mussten aus wirtschaftlichen Gründen einen Großteil der Ackerflächen stilllegen (ca. 600 000 ha verlassenes Ackerland). Diese Fläche und zum Teil auch die Schwarzbrachen unterliegen einer hohen Erosion durch Wind und Wasser. Außerdem kommt es durch die z. T. intensive Schwarzbrache-Bodenbearbeitung (meist zweimalige mechanische Unkrautbekämpfung) zu einem bedeutenden Humusabbau auf den meist sehr leicht und flachgründigen Böden. Die Humusgehaltsverminderung wirkt sich katastrophal auf die geringere Wasserspeicherkapazität aus, zusätzlich kommt es häufig auch noch zu einer Nährstoffverlagerung. Nach mehreren Schätzergebnissen sind ca. 35 % der Ackerfläche leicht, 20 % mittel und 15 % stark geschädigt.

Zur Erreichung von ausgewählten Zielen wird auf Versuchspartellen mit verschiedenen Futterpflanzen (Gemenge) bei unterschiedlichen Produktionstechniken eine Brachebegrünung oder Begrünung von verlassenen Ackerland durchgeführt.

Material und Methoden

Mit folgenden Versuchsvarianten werden seit dem Jahr 2002 im Großraum von Ulaanbaatar auf unterschiedlichen Standorten Feldversuche durchgeführt (Tab. 1).

Ergebnisse und Diskussion

Eine ausreichende energetische Versorgung der Nutztiere mit Futter in den Winter- und Frühjahrsmonaten ist auch für die Nahversorgung der Bevölkerung mit inländischen Produkten Voraussetzung. Bei ganzjähriger Beweidung ist der Futter- und Energiebedarf unterschiedlich hoch. Je geringer das Futterangebot, umso

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien

stärker steigt gerade in den Winter- und Frühjahrsmonaten der Aufwand für den Bewegungsbedarf. Das regionale Standortpotential und die Jahreswitterung geben die Grenzen für das Ertragsniveau vor. Aufgrund der meist sehr kurzen Vegetationszeit (ca. 100 Tage) bleibt für die möglichen Erntetermine wenig Spielraum. Trockenmasseerträge über 40 dt/ha sind nur mit Düngung und Beregnung möglich.

Ein Großteil der leistungsfähigen ein- und mehrjährigen Feldfuttermischungen sind für die extremen Klimabedingungen in der Mongolei nicht geeignet. Benötigt werden tiefwurzeln- und ausläufer-treibende (horstbildende) Arten.

Tab.1: Versuchsvarianten und Jahr

Jahr	Versuchsvarianten		
	Einjähriges feldfutter	Zwei- und mehrjähriges Gräser-Futterleguminosengemenge	Saatgut- bzw. Bodenbehandlung
2002	---	xxx	---
2003	xxx	xxx	Saatgutummantelung
2004	xxx	xxx	Saatgutummantelung Rhizobieninkrustierung Mycorrhiza

Tab. 2: Trockenmasseertrag in dt/ha von einjährigem Feldfutter, Ernte 2003

Fruchtart	Entwicklungsstatus	TM – Ertrag in dt/ha
Sommergerste	Teigreife	23,8 bis 42,6
Hafer	Teigreife	26,5 bis 44,7
Sonnenblume	Blühende	32,3 bis 53,4 unberechnet 46,1 bis 88,4 berechnet

Einzelparzellenerträge von Grünschnittroggen und Triticale ergaben im Vergleich zu Gerste und Hafer höhere Erträge.

Tab. 3: Trockenmasseertrag in dt/ha von Gräser- Futterleguminosenbeständen

Standort	1. Schnitt				2. Schnitt				TM-gesamt dt/ha	Umsetzbare Energie MJ ME
	TM-Ertrag	Ertragsanteile Gew. %			TM-Ertrag	Ertragsanteile Gew. %				
		G	L	K		G	L	K		
A	20,9	6	86	8	14,2	34	46	25	35,1	9,12
B	28,4	14	74	12	18,2	36	49	25	46,6	9,42

Bei den Gräser-Futterleguminosenansaat ist die Überwinterung entscheidender als ein hoher Ertrag. Die hohe Biodiversität bei den Gräsern und Kräutern ist auf den Sameneintrag aus dem angrenzenden Steppen-Magerrasenbestand zurückzuführen. Bei den Gräsern dominierten *Bromus inermis* var., *Alopecurus pratensis* L., *Festuca rubra* subsp., die nicht oder nur teilweise im Saatgut enthalten waren. Bei den Futterleguminosen herrschten bestandesbildend *Medicago sativa* L., *Medicago falcata* ssp. und *Onobrychis viciifolia* vor, vereinzelt *Lotus corniculatus*. *Medicago falcata* ssp. kam aus dem angrenzenden Steppenrasenbestand. Der zahlenmäßig kräuterreiche Bestand setzte sich ausschließlich aus Brache-Ackerunkräutern und aus dem standorttypischen Steppenbestand zusammen. Der von den Kräutern eingenommene Bedeckungsgrad war aber sehr niedrig, nur ca. 1 bis 3 %.

Literatur

Liebhard, P. (2003): Integrated Crop and Livestock Production in Mongolia. TACIS-Project, Mission Report, 1-32, Ulaanbaatar-Vienna.

Einsatz von einem hochauflösenden NIR – Spektrometer zur schnellen Qualitätsbeurteilung von Grassilage

H. Gibaud, C. Paul & J-M. Greef*

Einleitung

Grassilage ist eine wichtige Säule der Milchviehfütterung in Norddeutschland. Diese Studie befasst sich mit der Entwicklung einer Methode zur Bestimmung den Futter- und Gärqualitätsparametern ohne vorheriges Trocknen und Häckseln der Grassilage. Die hierfür als Referenz verwendeten herkömmlichen Methoden (Kjeldahl, HPLC, van Soest) erfordern einen großen Aufwand an Arbeits und Zeit, wobei die benötigten Chemikalien auch berücksichtigt werden müssen. Das Potential der Kalibration wird hier am Beispiel von zwei Gärsäuren und 5 klassischen Futterwertparametern dargestellt.

Material und Methoden

Die Grassilage für das Kalibrationsset (cal1) stammt hauptsächlich aus dem Nordwesten Deutschlands und setzt sich aus den ersten bis vierten Schnitten der Jahre 2000 bis 2003 zusammen. Im Allgemeinen wurden Standardmischungen mit Deutschem Weidelgras, Wiesenschwingel und Weißklee, vereinzelt auch Luzerne, verwendet. Analog zur Routine der Laboratorien für Futtermittelanalysen wurde die Grassilage nach Einfrieren und Auftauen und nach Erreichen der Zimmertemperatur gemessen.

Tab.1: Beschreibung des Kalibrationssets (cal 1)

Parameter	n	Min	Max	Mittel	Sd
TM (%)	145	20,7	63,2	36,7	8,0
Rohprotein (%FM)	145	2,2	10,1	6,3	1,6
Asche (%TM)	146	6,6	20,5	10,8	2,5
Rohfaser (% FM)	146	5,6	16,6	9,9	2,4
pH	146	3,6	5,8	4,4	0,4
Milchsäure (%FM)	146	0,0	6,0	2,5	1,3
Buttersäure (%FM)	144	0,0	0,9	0,1	0,2

Tab.2: Beschreibung des Validationssets (val 1)

Parameter	n	Min	Max	Mittel	Sd
TM (%)	57	18,5	74,4	38,9	10,9
Rohprotein (%FM)	57	3,1	12,2	6,1	1,8
Asche (%TM)	57	6,0	20,2	10,8	3,4
Rohfaser (% FM)	57	6,2	20,0	10,6	3,1
pH	57	3,8	5,9	4,7	0,5
Milchsäure (%FM)	57	0,0	3,6	1,6	1,0
Buttersäure (%FM)	57	0,0	1,5	0,4	0,4

n: Anzahl Proben, Sd: Standardabweichung, FM: Frischmasse, TM: Trockenmasse

Dafür wurde das Diodenzeilenspektrometer Corona45 von Zeiss (960-1690 nm) mit einem Drehteller für eine Petrischale von 200 mm Durchmesser benutzt. Die Grassilage wird frisch ohne Zerkleinerung und Vermahlung gemessen und mit einem Stempel leicht verdichtet (Abb.1). Der mit 256 Dioden bestückte Messkopf befindet sich unter der Petrischale (Schott Steriplan). Jede Probe wird in 2 Unterproben unterteilt, die jeweils umgedreht werden, um von der anderen Seite gemessen zu werden.

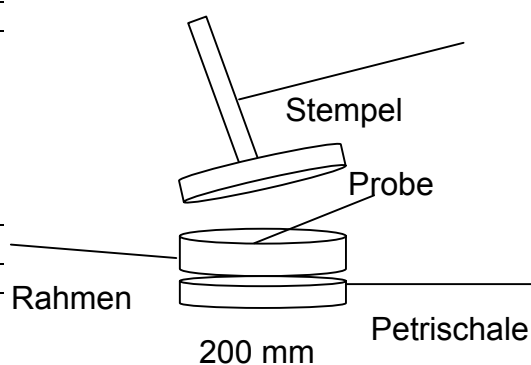


Abb.1: Messbehältnis

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Email: Helene.gibaud@fal.de

Ergebnisse und Diskussion

Cal 1 enthält die bisher besten Modelle für die 7 in Tabelle 3 aufgeführten Parameter. Die verschiedene Probenanzahl je nach Parameter beruht auf das Aussortieren der T-Ausreißer (Spektrum-Ausreißer). Die Tabellen 1 und 2 zeigen die Populationsstruktur des Kalibrationssets (cal 1) und des Validationssets (val 1). Cal 1 besteht hauptsächlich aus angewelkter Silage, enthält dennoch Proben aus den Extremitäten der möglichen Bandbreite der Trockenmassegehalte. Die Rohfaser- und Rohproteinwerte weisen höhere Maxima in val 1 als in cal 1 auf. Die Schätzung des Rohproteininhaltes wird nach Dardenne et al. (1996) durch die Wasserbanden gestört. Darüber hinaus wird die Silage nicht getrocknet, so sollte ein anderes Modell z.B. mit zweiter Ableitung ausprobiert werden. Der Aschegehalt als anorganischer Parameter ergibt keine nutzbare Schätzung, obwohl die Bandbreiten der Proben aus den cal1- und val1-Sets identisch sind. Die beste Schätzung (ohne Glättung und ohne Ableitung) mit einem SEP von 3,09 und einem R² von 0,35 zeigt, dass die Aschebestandteile keine Reflexion hervorrufen.

Tab.3: Erste Kalibration (cal 1) und Validation (val 1) (MPLS mit 8 Komponenten)

Parameter	Preprocessing	Kalibration			Validation				
		n	SEC	R ²	n	SEP	R ²	SEP(C)	Bias
TM (%)	MSC-1,6,6,1	145	1,31	0,97	57	1,70	0,98	1,69	0,30
Rohprotein (%FM)	MSC – 1,6,6,1	145	0,58	0,87	57	0,72	0,88	0,64	0,35
Asche (%TM)	None – 0,0,1,1	146	1,67	0,55	57	3,09	0,35	2,76	-1,43
Rohfaser (% FM)	MSC – 1,6,6,1	146	0,49	0,96	57	0,80	0,94	0,79	-0,16
pH	SNV-Detrend – 1,6,6,1	146	0,19	0,78	57	0,27	0,66	0,27	-0,04
Milchsäure (%FM)	MSC – 1,6,6,1	146	0,53	0,83	57	0,48	0,80	0,48	-0,08
Buttersäure (%FM)	SNV-Detrend – 1,6,6,1	144	0,12	0,57	57	0,24	0,74	0,22	0,11

MSC: Multivariate Scatter Correction, SNV-Detrend: Transformation nach Standard Normalverteilung und Trendbereinigung, MPLS: Methode der kleinsten Quadrate, modifiziert

SEC: Standardfehler der Kalibration, SEP: Standardfehler der Validation, SEP(C): Standardfehler der Differenz nach Korrektur des systematischen Fehlers (Bias)

Die Ergebnisse der Validation für beide Fettsäuren sind bislang nicht hoch genug (Buttersäure: SEP (0,24) und R² (0,74), Milchsäure: SEP (0,48) und R² (0,80)). Das liegt daran, dass cal 1 keine so große Bandbreite wie val 1 enthält.

Die Schätzung der Trockenmasse und des Rohfasergehaltes erweist sich schon als praxistauglich. Was die anderen Parameter betrifft, muss cal 1 mit Proben aus val 1 ergänzt werden. Der nächste Schritt wird die Ergänzung mit überwiegend Nasssilagen aus dem Jahr 2004 und die Validierung dieser neu entstandenen Kalibrierung mit Grassilageproben aus späteren Aufwüchsen von 2004 sein.

Literatur

Dardenne P, R. Agneessens und G. Sinnaeve (1996) Fresh forage analysis by near infrared spectroscopy. Anon. Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves A.M.C. Davies and Phil Williams, pp 531-536. NIR Publications.

Auswirkungen unterschiedlicher Saatgut-Vorbehandlungen auf die Keimfähigkeit von *Poa pratensis*-Sorten für Rasen

P. Knot, H. Laser & W. Opitz v. Boberfeld*

Einleitung

Poa pratensis ist eine Art mit günstigen Eigenschaften für stark strapazierte Rasenflächen wie Fußballfelder oder Tees auf Golfplätzen. Um den Nachteil der vergleichsweise langsamen Keimung abzuschwächen, kommen unterschiedliche Strategien der Saatgut-Vorbehandlung zum Einsatz. Saatgut mit „Headstart“ besteht aus Karyopsen, die mit einem speziellen Mantel umhüllt sind. Der innere Mantel besteht nach Herstellerangaben aus Meeresalgenextrakten mit erhöhtem Cytokinin-Gehalt, wodurch die Zellteilung beschleunigt und die Keimung von Samen initiiert werden soll. Der äußere Mantel besteht aus diversen organischen Komponenten, die die Jugendentwicklung des Keimlings – in dieser Untersuchung nicht getestet – begünstigen sollen.

Material und Methoden

Tab. 1: Varianten mit vier Wiederholungen

Faktoren	Stufen
1. Headstart	1.1 mit 1.2 ohne
2. Vorkühlung	2.1 mit (= 10 Tage bei 3°C) 2.2 ohne
3. Licht	3.1 Licht 3.2 Dunkel
5. Medium	4.1 H ₂ O deionisiert 4.2 H ₂ O mit Nitrat (= 0,2% KNO ₃) 4.3 - 0,1 Mpa (= PEG1), pF 3,0 4.4 - 0,2 Mpa (= PEG2), pF 3,3

Untersucht wurde der Einfluss der in der Tab. 1 aufgeführten Faktoren auf das Keimverhalten von *Poa pratensis* der Sorte Cocktail. Unterschiedliche Wasserspannungen wurden durch die Zugabe von Polyethylenglycol (= PEG) induziert. Die Klimaschränke waren auf eine an die Lichtverhältnisse gekoppelte Wechseltemperatur von 10/20 °C eingestellt (= 8 h Nacht/16 h Tag). Als Zielgrößen diente die Keimrate durch Auszählen im fünftägigen Abstand, welches für die Dunkelvarianten unter schwach grünem Sicherheitslicht erfolgte. Vor der statistischen Verrechnung wurde eine Arcussinus-Wurzeltransformation vorgenommen

Ergebnisse und Diskussion

Die Abb. 1 zeigt den Keimungsverlauf von *Poa pratensis* in Abhängigkeit von Vorbehandlung und Umwelt. Varianten mit KNO₃ zeigen stets die höchsten Keimungsraten und sind durch den schnellsten Anstieg der Zahl gekeimter Samen gekennzeichnet. Die Trockenstressvariante PEG2 ist in der Regel mit den niedrigsten Keimungsraten verbunden. Schon nach fünf Tagen bestehen zwischen den Medien signifikante Unterschiede. Dagegen ist die Wirkung der Vorbehandlungen Vorkühlen und „Headstart“ uneinheitlich. „Headstart“ trägt aber in der überwiegenden Zahl nicht zu

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II - Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau - der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, D-35390 Gießen

einer Verbesserung der Keimfähigkeit bzw. einer rascheren Keimung bei. In Verbindung mit Trockenstress sind durch diese Vorbehandlung zum Teil verminderte Keimungsraten festzustellen. Zur Sicherstellung hoher Keimungsraten ist eine Vorbehandlung des Saatgutes von *Poa pratensis* offenbar nicht geeignet; bei einer ausreichenden Wasserversorgung und hohen Nitratgehalten im Boden sind generell Keimungsraten > 90 % möglich. Die Wachstumsbedingungen für die juvenilen Pflanzen dürften für die Etablierung entscheidender sein.

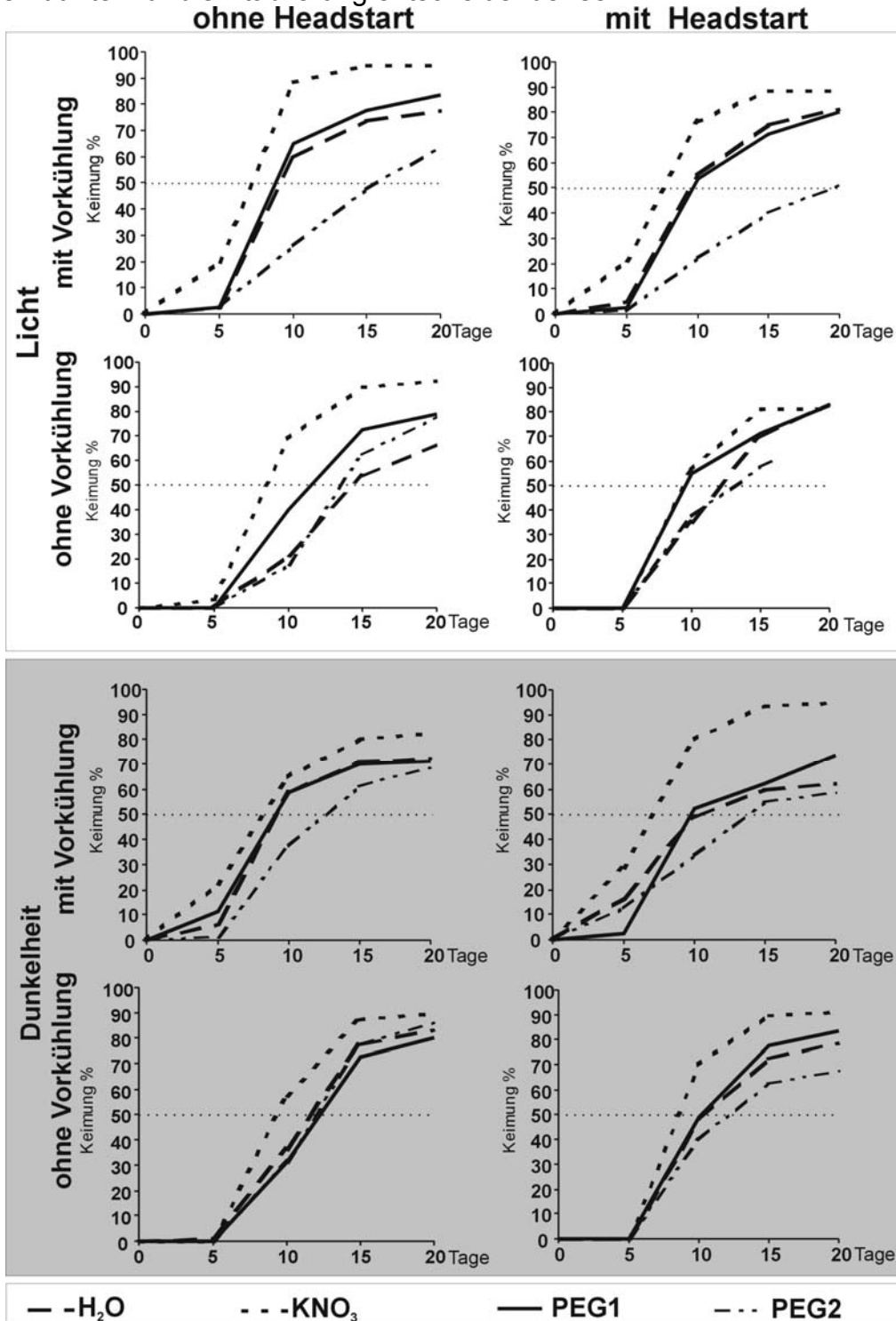


Abb. 1: Keimungsverlauf von *Poa pratensis*, Sorte Cocktail, in Abhängigkeit von Licht, Wasserspannung und Vorbehandlung

Wasserlösliche Kohlenhydrate und Stärke als Parameter einer differenzierten Charakterisierung von Maisgenotypen

Sandra Kruse, Antje Herrmann & Friedhelm Taube*

Einleitung

Genotypbedingte Unterschiede hinsichtlich des Futterwertes von Silomais werden u.a. durch ein unterschiedliches Abreifeverhalten von Kolben bzw. Restpflanze in der generativen Entwicklung hervorgerufen. Die in dieser Phase stattfindende Assimilattranslokation in den Kolben und die dortige Stärkeakkumulation wird vom Genotyp, aber auch durch Umweltbedingungen (Temperatur, Strahlung, Wasserverfügbarkeit, etc.) beeinflusst (vgl. u.a. TOLLENAAR, 1977).

Ziel der vorgestellten Untersuchung ist es, die genotyp- und umweltbedingten Variationen der wasserlöslichen Kohlenhydrat (WLK)- und Stärkegehalte des Kolbens näher zu charakterisieren. Eine Kovarianzanalyse unter Einbeziehung der Kornreifezahlen und aggregierter Umweltvariablen soll die Quantifizierung des Einflusses von Umwelt und Genotyp auf die Veränderung der Nichtstrukturkohlenhydratgehalte im Vegetationsverlauf ermöglichen.

Material und Methoden

In den Jahren 2001-2003 wurden acht Silomaissorten, die hinsichtlich Reifegruppe (früh, mittelfrüh, mittelspät) und Abreifeverhalten (normal, stay green, dry down) das Sortenspektrum von Silomais repräsentieren, geprüft. An sechs Terminen (ein Termin vor, fünf nach der Blüte) wurden jeweils zehn Maispflanzen geerntet, nach Kolben und Restpflanzen fraktioniert und gefriergetrocknet. Sowohl die Zucker- als auch die Stärkegehalte wurden mittels NIRS ermittelt. Kalibration und Validation basierten für die Analyse der Zuckergehalte auf einer modifizierten Anthronmethode bzw. wurden für den Stärkegehalt in Anlehnung an eine enzymatische Methode ermittelt. Die varianzanalytische Verrechnung der Zucker- und Stärkegehalte erfolgte durch die Prozedur „mixed“ des Programmpaketes SAS 8.2 (SAS Inst. Inc), wobei für repeated measurements eine heterogene, autoregressive Kovarianzstruktur angenommen wurde. Eine sich anschließende Kovarianzanalyse wurde, unter Einbeziehung der Kornreifezahlen (KRZ) und aggregierter Umweltvariablen (Temperatur- und Strahlungssumme), für die Versuchsjahre 2001-2003 für den WLK-Gehalt im Kolben vorgenommen. In die Analyse der Stärkegehalte flossen die Jahre 2001-2002 ein.

Ergebnisse und Diskussion

Wasserlösliche Kohlenhydrate

Der Faktor ‚jahr‘ zeigte sich in der varianzanalytischen Verrechnung der WLK-Gehalte sowohl als Haupteffekt als auch in den Interaktionen ‚jahr*reife‘ und ‚jahr*termin‘ signifikant. Die Wechselwirkung ‚jahr*sorte(innerhalb reifegruppe)‘ hingegen erwies sich als nicht signifikant (Daten nicht dargestellt). Die Kovarianzanalyse, in der die signifikanten Jahreseffekte über die aggregierten Umweltvariablen Strahlung und Temperatur (ab Blüte der jeweiligen Sorte) unter Einbeziehung der

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

Kornreifezahl erklärt werden sollten, zeigte eine signifikante Wechselwirkung ‚Strahlungssumme*KRZ‘ (Tab.1).

Tab. 1: Einfluss von Kornreifezahl (KRZ), Temperatursumme (tsum) und Strahlungssumme (rsum) auf den WLK-Gehalt.

Effect	Estimate	Error	DF	Pr>t
Intercept	5.5249	0.4228	205	<.0001
KRZ	-0.4580	0.1740	205	0.0091
tsum	-0.5964	0.0538	205	<.0001
rsum	-0.0211	0.0755	205	0.7803
KRZ*rsum	0.0686	0.0285	205	0.0168

Tab. 2: Einfluss von Kornreifezahl (KRZ), Temperatursumme (tsum) und Strahlungssumme (rsum) auf den Stärkegehalt.

Effect	Estimate	Error	DF	Pr >t
Intercept	1.2450	0.1576	135	<.0001
KRZ	0.0356	0.0527	135	0.5003
tsum	0.5331	0.0456	135	<.0001
rsum	0.2423	0.0351	135	<.0001
tsum*rsum	-0.0521	0.0033	135	<.0001

In Abb. 1 wird der positive Effekt der Strahlung in den Grenzen von 40.000-90.000 Joule/cm² auf die Gehalte an WLK bei einer durchschnittlichen Temperatursumme (463°C) auf die Assimilatproduktion und -akkumulation dargestellt. Der Effekt, dass später abreifende Sorten (ab KRZ 240) stärker auf Strahlungserhöhung reagieren, zeigt sich bei Strahlungssummen größer 75.000 Joule/cm², d.h. in Phasen, in denen eine relative Erhöhung der WLK-Gehalte wegen der weit vorangeschrittenen Abreife der Maispflanzen kaum von Relevanz ist.

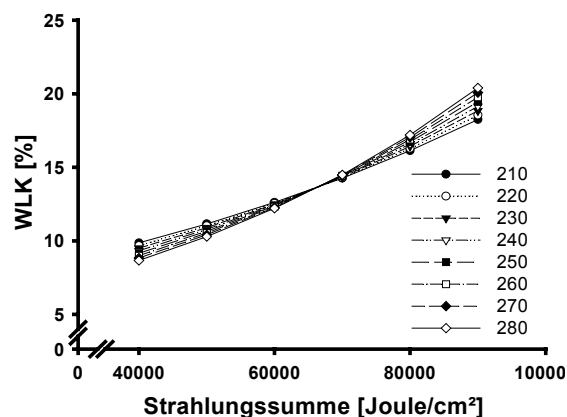


Abb. 1: Einfluss der Strahlungssumme auf den WLK-Gehalt des Kolbens bei mittlerer Temperatursumme, dargestellt als Wechselwirkung KRZ*rsum.

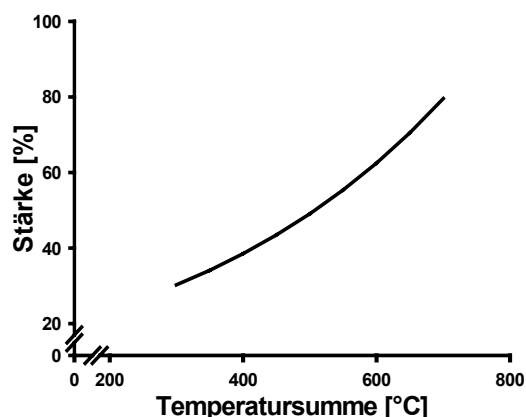


Abb. 2: Einfluss der Temperatursumme (Basis 6°C) auf den Stärkegehalt des Kolbens bei mittlerer Strahlungssumme, dargestellt im Mittel der KRZ.

Stärke

In der Varianzanalyse erwies sich der Faktor ‚jahr‘ sowohl als Haupteffekt als auch in Wechselwirkung mit den Faktoren ‚reifegruppe‘ bzw. ‚termin‘ als signifikant (Daten nicht dargestellt). In der Kovarianzanalyse zeigten die Umweltvariablen tsum und rsum als Haupteffekte und in der Wechselwirkung tsum*rsum signifikante Effekte (s. Tab. 2). Die Temperatursumme hat in den hier betrachteten Grenzen einen positiven Effekt auf die Stärkeakkumulation. Da die KRZ keinen Einfluss auf die Stärkegehalte hat, scheinen die zu den Ernteterminen beobachteten Sortenunterschiede maßgeblich durch den Blühzeitpunkt und nicht durch genotypbedingte Unterschiede der source-sink Verhältnisse in der Pflanze hervorgerufen zu werden (s.Abb.2).

Literatur

TOLLENAAR, M., 1977: Sink-source relationships during reproductive development in maize. A review. *Maydica*, 22, 49-75.

Eine einfache Untersuchungsmethode zur mikrobiellen Dynamik des aeroben Verderbs von Silage

Siriwan Martens & Günter Pahlow*

Einleitung

Sobald ein Silo zur Entnahme geöffnet wird, steht den bis dahin ruhenden obligat und fakultativ aeroben Mikroorganismen der Silage wieder genügend Sauerstoff zur Verfügung. Ihre Stoffwechselaktivität kann zu Nacherwärmung, pH-Anstieg, TM- und Inhaltstoffverlusten führen. Da die meisten Bakterien durch einen pH-Wert unter 4,5 gehemmt werden, sind vor allem Hefespezies mit der Fähigkeit zum Milchsäureabbau für den Beginn aeroben Verderbs verantwortlich. Durch Keimzahlbestimmung allein ist der tatsächliche Zusammenhang nicht schlüssig nachzuweisen (SEALE et al., 1990). Eine hierzu entwickelte Methode erfasst gezielt die Aktivität der Keimgruppen über pH-Messungen in einem flüssigen Medium. Durch antibiotische Behandlungen können hierbei Bakterien und Pilze differenziert werden.

Material und Methoden

Das Medium besteht aus Silageextrakt, der im Stomacher-Homogenisator gewonnen wird und somit die vollständige Silagemikroflora enthält. Im vorliegenden Versuch wird frische Maissilage im Verhältnis 1:4 mit sterilem destilliertem Wasser versetzt und 5 min extrahiert. Je 40 ml werden in sterile Weithalslerlenmeyerkolben (100ml) überführt. In dreifacher Wiederholung werden angesetzt: Kontrolle (C), antimykotisch (AM) (Delvolid® (Natamycin), 1 ml einer 5%igen Lösung), antibakteriell (AB) (Penicillin G + Streptomycinsulfat, 1 ml einer Lösung von je 0,3 g in 100 ml) und antimykotisch + antibakteriell (MB) (je 1 ml beider Lösungen). Die Proben werden mit steriler Aluminiumfolie abgedeckt und bei 175 UpM auf einem Rotationsschüttler bei einer Raumtemperatur von 25 °C über 79 h geschüttelt, um Sauerstoffzufuhr zu gewährleisten.

Der pH-Wert, der als Indikator in der hier vorgestellten Methode dient, wird nach 0, 5, 22, 29, 46, 50, 70 und 79 h ermittelt. Außer der pH-Messung nach 0, 22, 46 und 70 h werden zur Bestimmung von Gärsäuren und Ethanol mittels HPLC ca. 2 ml jeder Probe in Kulturröhrchen überführt, zentrifugiert und anschließend in Probengefäße zur Analyse abgefüllt.

Die Keimzahl von Hefen und aeroben Bakterien wurde auf Malzextraktagar bestimmt (3d bei 30 °C), der mit den genannten Antibiotika behandelt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Der Anfangs-pH-Wert von 3,8 blieb während der ersten 5 h in allen Varianten konstant. Nach 22 h Inkubation stieg der pH der Kontrolle um 0,2 Einheiten an. Dies weist auf einen Abbau der Gärsäuren hin, von denen die Milchsäure die Hauptkomponente darstellt. Im weiteren Verlauf erhöhte sich der pH stetig bis auf 8,0. Gleichzeitig verringerte sich der Milchsäuregehalt bis an die Nachweisgrenze nach 70h (Abb. 1).

Die Variante MB dient zur Kontrolle der Wirksamkeit der Antibiotika. Solange sich pH und Säuregehalte nicht signifikant zum Ausgangswert verändern, sind die

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig, E-Mail: siriwan.martens@fal.de

Antibiotika noch wirksam. Dies war in diesem Versuch bis 50 h der Fall. Nach diesem Zeitpunkt ist keine Aussage über die Aktivität der bevorzugten Keimgruppe möglich. In Variante AM blieb der pH-Wert 46 h stabil, jedoch änderte sich zu diesem Zeitpunkt das Verhältnis von Milchsäure zu Essigsäure. Von anfänglich 4,9 mg/ml verringerte sich die Konzentration der stärker säuernden Milchsäure um 0,7 mg/ml, während der Gehalt der schwächeren Essigsäure von 0,8 mg/ml um 1,0 mg/ml anstieg. Es ist zu vermuten, dass dies durch Milchsäurebakterienspezies mit der Fähigkeit zur Laktatassimilation verursacht wird. Für die Prüfmethode bedeutet dies, dass bei einer Beteiligung von Bakterien die pH-Messung nicht ausreicht, um Veränderungen anzuzeigen.

Das Diagramm der Variante AB, die die Hefeaktivität widerspiegelt, gleicht völlig der Abb. 1 der Kontrolle. Das bedeutet, dass auch in der Kontrolle ausschließlich die Hefen für den Gärsäureabbau verantwortlich und Bakterien am aeroben Verderb dieser Silage nicht beteiligt waren.

Die Keimzahl an Gesamthefen betrug $8,3 \cdot 10^5$ KBE, an aeroben Bakterien $1,7 \cdot 10^5$ KBE.

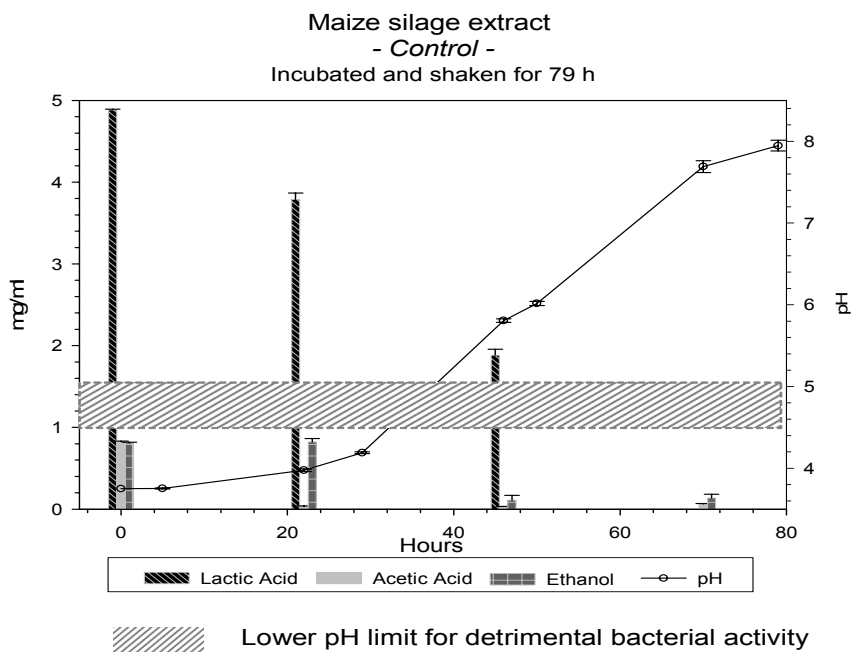


Abb. 1: pH-Verlauf, Gärsäuren und Ethanol der Kontrolle

Diese Methode trägt dazu bei, die Mechanismen des aeroben Verderbs von Silage und die spezifische Rolle verschiedener Keimgruppen aufzuklären.

In Zukunft bietet sie zudem eine wenig aufwendige Möglichkeit, durch gezielte Zugabe von Stoffen, wie z.B. organische Säuren, wasserlösliche Kohlenhydrate, sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, deren mögliche hemmende oder fördernde Wirkung auf die aerobe Verderbtätigkeit zu untersuchen.

Literatur

Seale, D.R.; G. Pahlow; S.F. Spoelstra; S. Lindgren; F. Dellaglio und J.F. Lowe (1990): Methods for the microbiological analysis of silage. In: Lindgren, S. und Lunden Petterson, K. (Hrsg.), Proceedings of the EUROBAC Conference, Uppsala, 1986, Grovfodder, Grass and Forage Reports 3: 76-82

Zu den Winterweide-Eigenschaften festucoider und loloider Gattungsbastarde unter variierenden Bedingungen

W. Opitz v. Boberfeld & Katja Banzhaf*

Einleitung

Festulolium spp. umfasst eine Gruppe von Hybriden aus den Gattungen *Festuca* und *Lolium*. Diese Gattungsbastarde bieten die Möglichkeit, die gute Qualität von *Lolium spec.* und die ausgeprägte Winterhärte von *Festuca spec.* zu kombinieren. Aufgrund ihrer genetischen Instabilität und der Sterilität der Kreuzungsprodukte spielen diese Bastarde in Deutschland bisher nur eine untergeordnete Rolle, doch könnten sie aufgrund ihrer Eigenschaften insbesondere für die Nutzung als Bestandsbildner von Winterweiden interessant sein. Informationen über Winterweide-Eigenschaften einzelner Sorten liegen für mitteleuropäische Verhältnisse nicht vor. Daher werden in der folgenden Untersuchung Masseleistung und ausgewählte Qualitätsaspekte dreier *xFestulolium pabulare*-Sorten (= Gattungsbastard aus *Lolium multiflorum* x *Festuca arundinacea*) und einer *xFestulolium braunii*-Sorte (= Gattungsbastard aus *Lolium multiflorum* x *Festuca pratensis*) dargestellt, wobei auch eine Sorte der weltweit als Hauptbestandsbildner für Winterweiden empfohlenen Art *Festuca arundinacea*-Sorte berücksichtigt wird. Als Einflussfaktoren wurden zudem die Dauer der Schonung der Bestände in der Vegetationsperiode (= Faktor Vornutzung) als auch der Nutzungszeitpunkt im Winter (= Faktor Erntetermin) variiert.

Material und Methoden

Tab.1: Varianten

Faktoren	Stufen
1. Sorte	1.1 Kora (<i>Festuca arundinacea</i>), Standard 1.2 Felina (<i>xFestulolium pabulare</i>) festucoid 1.3 Lofa (<i>xFestulolium pabulare</i>) loloid 1.4 Hycor (<i>xFestulolium pabulare</i>) festucoid 1.5 Perun (<i>xFestulolium braunii</i>) loloid
2. Vornutzung	2.1 Anfang Juni 2.2 Mitte Juli
3. Erntetermin im Winter	3.1 Anfang Dezember 3.2 Mitte Januar
4. Jahr	4.1 2000/2001 4.2 2001/2002 4.3 2002/2003 4.4 2003/2004

Zur Untersuchung der Winterweide-Eigenschaften der Gattungsbastarde wurde auf der Versuchsstation des Instituts in Linden-Forst (=160m ü. NN) ein Freilandversuch als Lateinisches Recheck angelegt, vgl. Tab.1. Als Zielgrößen wurde der TS-Ertrag erfasst und die Energiedichte mittels HFT nach der Formel 16e (Menke & Steingass 1987) als umsetzbare Energie (= ME)

geschätzt. Als Indikator für den Verpilzungsgrad des Pflanzenmaterials wurde zusätzlich die Ergosterol-Konzentration des Materials mittels HPLC am UV-Detektor (Schwadorf & Müller 1989) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die wichtigste Varianzursache für den TS-Ertrag ist der Faktor Sorte. Sowohl die Sorten Felina und Hycor mit festucoidem Charakter als auch der Vertreter von *Festuca arundinacea*, Kora, erreichen signifikant höhere Erträge als die Sorten Lofa und Perun mit loloidem Charakter. Besonders im Winter 2001/2002 zeigt sich der

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

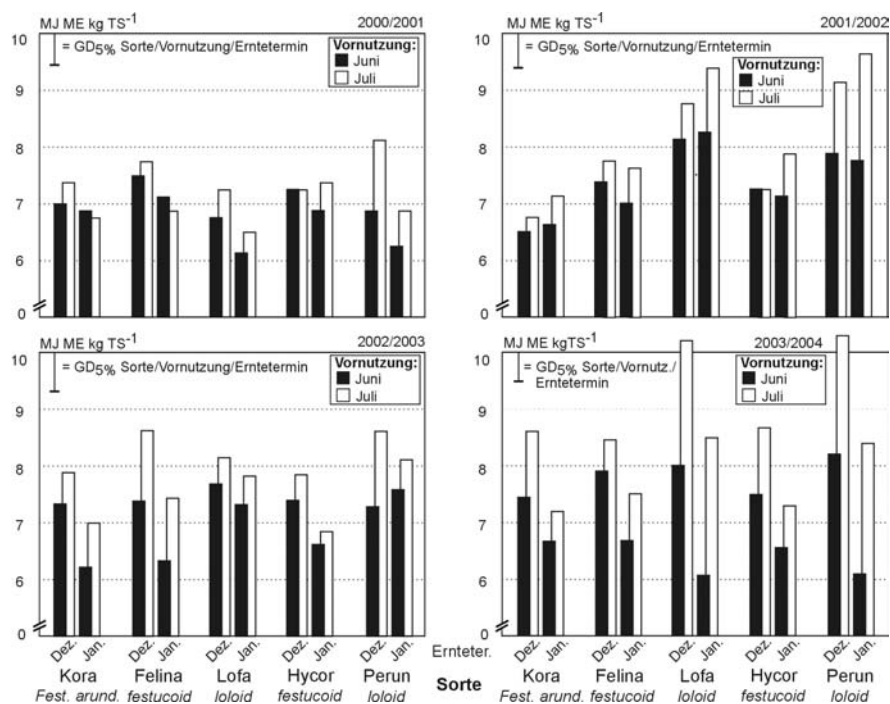


Abb. 1: Energiedichten der Gattungsbastarde

ten. Abb. 1 zeigt die Energiedichten der Aufwüchse in Abhängigkeit von Sorte, Vornutzung und Erntetermin im Winter. Die Hauptwirkungen verhalten sich offenbar witterungsbedingt jahrabhängig unterschiedlich. In den beiden milderen Wintern 2000/2001 und 2003/2004 hat der Erntetermin im Winter den größten Einfluss. In der Mehrzahl der Fälle nehmen die Energiedichten von Dezember auf Januar ab, wobei die Sorten Lofa und Perun meist die größten Unterschiede zwischen den beiden Ernteterminen aufweisen. Im letzten Winter 2003/2004 beeinflusst zudem die Dauer der Schonung der Bestände die Energiedichten. Das jüngere Material der zuletzt im Juli genutzten Aufwüchse weist dabei höhere Energiedichten auf, wobei dieser Effekt besonders markant bei den Sorten mit loloidem Charakter hervortritt. Auch in den beiden kälteren Wintern 2001/2002 und 2002/2003 ist dieser Effekt zu beobachten, der Faktor Vornutzung ist hier wichtigste Varianzursache. Ein Einfluss der Sorten ist in allen vier Untersuchungsjahren gesichert; jahrabhängig verschieden stark auftretenden Unterschiede zwischen loloiden und festucoiden Sorten sind hier verantwortlich. Die in einigen Fällen höheren Energiedichten der Sorten Lofa und Perun müssen unter dem Aspekt der geringeren Ertragsleistungen interpretiert werden. Es ist davon auszugehen, dass die höheren Erträge der festucoiden Vertreter ein höheres physiologisches Alter und somit geringere Energiedichten mit sich bringen. Auch bezogen auf die Ergosterol-Konzentrationen zeigt der Faktor Sorte in allen vier Jahren einen Einfluss. Dabei weisen die loloiden Sorten trotz geringerer TS-Erträge häufig höhere Ergosterol-Konzentrationen auf. Bezogen auf Ertrag und Qualität nehmen die Gattungsbastarde keine Vorrangstellung ein.

Literatur

- Menke, K.H. & H. Steingass, 1987: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 2. Mitteilung: Regressionsgleichungen. – Übers. Tierern. 15, 59-94.
- Schwadorf, K. & H.M. Müller, 1989: Determination of ergosterol in cereals, feed components and mixed feed by liquid chromatography. – J. Assoc. Off. Anal. Chem. 72, 457-462.

Vorteil der Sorten Kora, Felina und Hycor. Diese Aufwüchse können offenbar günstige Witterungsbedingungen in der ersten Dezemberhälfte ausnutzen, wodurch die TS-Erträge von Dezember auf Januar sogar signifikant ansteigen. Die beiden loloiden Vertreter weisen dagegen keinerlei Veränderungen von Dezember zu Januar auf, zudem bleibt deren Ertragsniveau deutlich unterhalb des der übrigen Sorten

Einfluss von Tierart, Besatzdichte, Narbe und Beweidungstermin auf Bodenverdichtung von Winterweiden

Gerhard Schlimbach & W. Opitz v. Boberfeld*

Einleitung

Die Winteraußenhaltung von Mutterkühen und Schafen ist nicht auf allen Böden möglich. Eine ganzjährige Trittfestigkeit der Flächen - besonders in den Wintermonaten - ist hierfür Voraussetzung. Wichtig sind gute Entwässerungseigenschaften der Böden, sodass Oberflächenabfluss und Erosion so gering wie möglich stattfinden. Geeignet für die Winteraußenhaltung sind flachgründige und sandreiche Böden, wie z.B. Rendzinen, Ranker oder Sandbraunerden (Opitz v. Boberfeld 2001). Das Ziel der Untersuchung ist festzustellen, welchen Einfluss die Tierart, der Beweidungstermin und die Besatzdichte auf die oberflächennahe Bodenverdichtung hat. Als Zielgrößen werden hier die Infiltrationsraten und die Abscherwiderstände dargestellt.

Material und Methoden

Untersucht wurden verschiedene Narben von Winterweiden in Elkenroth (Westerwald 470 m ü. NN) und auf der Versuchsstation Linden-Forst (160 m ü. NN). In Elkenroth weist die Fläche eine geringe Hanglage auf. Als Bodentyp steht eine Rankerbraunerde an. In Linden-Forst ist die Fläche dem Bodentyp Gley zuzuordnen.

Tab. 1: Varianten

Faktoren	Stufen
1. Narben	1.1 <i>Lolio-Cynosuretum</i> mit <i>Lolium perenne</i> -Fazies 1.2 <i>Festuca arundinacea</i> -Reinsaat
2. Nachsaaten	2.1 ohne (= Kontrolle) 2.2 mit (= 20 kg * ha ⁻¹ <i>Lolium perenne</i>)
3. Weidetermin	3.1 Ende September [= Standard] (31.-41. Woche) 3.2 Ende November (47.-49. Woche) 3.3 Ende Dezember (51.-1. Woche)
4. Besatzdichten	4.1 mittel (= 14,1 GV * ha ⁻¹) 4.2 hoch (= 34,6 GV * ha ⁻¹)
5. Beobachtungsjahr	5.1 2001/02 (= Anlagejahr) 5.2 2002/03 (= 1. Nutzungsjahr) 5.3 2003/04 (= 2. Nutzungsjahr) 5.4 2004/05 (= 3. Nutzungsjahr)
6. Tierart	6.1 Rind (= Elkenroth, 470 m ü. NN) 6.2 Schaf (= Linden, 160 m ü. NN)

Die Infiltrationsrate wurde mit Hilfe des Doppelring - Infiltrimeters (Anonymus 1972) ermittelt und die Messung des Abscherwiderstandes erfolgte mit Hilfe des Flügelbohrers. Die Untersuchungen wurden im Frühjahr bei Feldkapazität durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 sind die Infiltrationsraten in Abhängigkeit von Beweidungstermin, Besatzdichte und Tierart dargestellt. Es lassen sich weder bei der Tierart „Schaf“ noch bei der Tierart „Rind“ signifikante Unterschiede beim Faktor Besatzdichte feststellen.

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

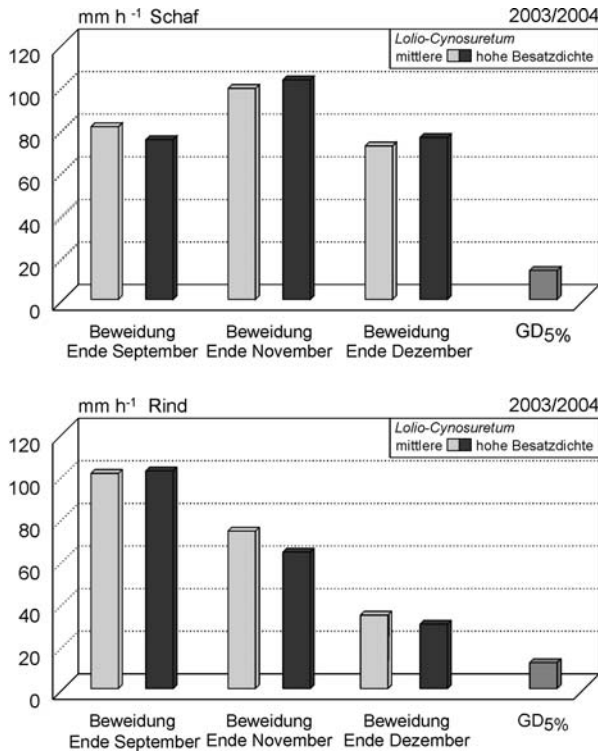


Abb. 1: Infiltration

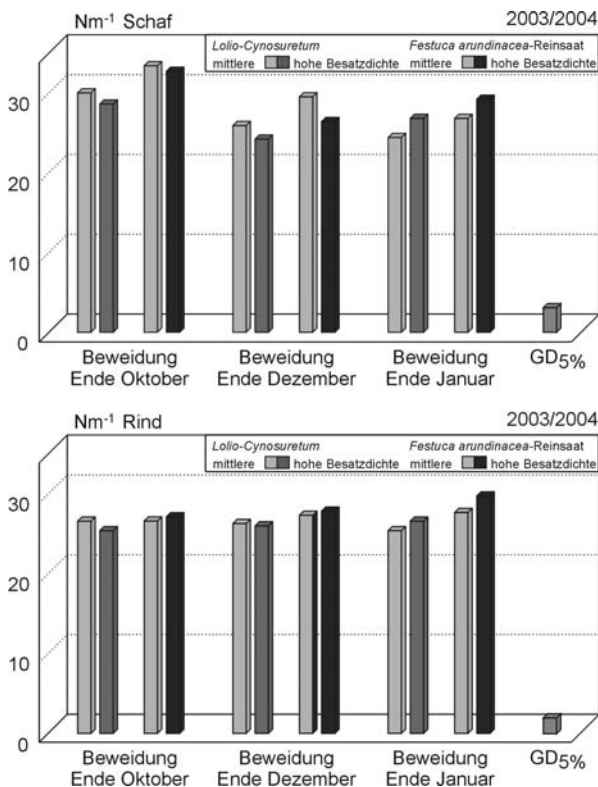


Abb. 2: Abscherwiderstand

Der Faktor Beweidungstermin ist in beiden Fällen die wichtigste Varianzursache. Bei der Tierart „Schaf“ ist die Infiltrationsrate im November höher als im September und Dezember. Im November wurden die Parzellen kurz abgefressen, während im September noch Weidereste zu verzeichnen waren. Die höhere Pflanzenbedeckung führte zu einer geringeren Versickerungsrate, da die Infiltration offenbar vom jeweiligen Bedeckungsgrad der zu untersuchenden Flächen abhängig ist. Bei der Tierart „Rind“ sinkt die Infiltrationsrate von September bis Dezember. Durch die höhere Besatzdichte hat die Beweidung hierbei einen wesentlich größeren Einfluss auf die Bodenverdichtung als bei der Beweidung durch Schafe. In Abb. 2 ist der Abscherwiderstand in Abhängigkeit von Beweidungstermin, Besatzdichte Tierart und Narbe dargestellt. Bei der Variante „Schaf“ ist die Messung zum Beweidungstermin September für beide Narben und Besatzdichten signifikant höher als im November bzw. im Dezember. Dies korreliert positiv mit dem Wert der Infiltration im September. Signifikante Unterschiede treten bei dem Faktor Narbe auf; bei *Festuca arundinacea* ist eine höhere Bodenverdichtung festzustellen als bei der *Lolium-Cynosuareturn*-Narbe. *Festuca arundinacea* hat als wintergrünes Gras ein kräftigeres und dichteres Wurzelsystem als *Lolium perenne* und bewirkt somit einen höheren Abscherwiderstand. Bei der Tierart „Rind“ ist dieser Effekt ebenfalls festzustellen. Die Faktoren Termin und Besatzdichte haben hier keinen signifikanten Einfluss.

Literatur

Anonymus, 1972: DIN 19682, Blatt 7
 Opitz v. Boberfeld, W. 2001: Grassland Management aspects for year-round outdoor stock keeping of suckler cows. Grassl. Sci. Poland 4, 137-147.

Einfluss differenzierter N-, P- und K-Düngung auf Farbstoffgehalt und Wurzelertrag von Färberkrapp (*Rubia tinctorum* L.)

B. Honermeier & Simone Siebenborn*

Einleitung

Der Färberkrapp (*Rubia tinctorum* L.) ist eine ausdauernde Pflanze aus der Familie der Rötengewächse (*Rubiaceae*), dessen Wurzeln für die Rotfärbung von Textilien, Teppichen, Leder und anderen Materialien verwendet werden können. Die in den Wurzeln der Pflanze gebildeten Farbstoffe zählen zu den Di- und Trihydroxy-anthrachinonglykosiden, unter denen das glykosidisch gebundene 1,2-Dihydroxy-anthrachinon (Alizarin) als Hauptbestandteil des Gesamtfarbstoffkomplexes anzusehen ist (SCHWEPPE 1992). Für eine wirtschaftlich effiziente Nutzung der Krapppflanze sind hohe Wurzeldrogenerträge und Farbstoffgehalte mit einem hohen Anteil der für die Rotfärbung wirksamen Anthrachinone (Alizarin, Purpurin, Pseudopurpurin) erforderlich. Das Ziel des durchgeführten Feldversuches bestand deshalb darin, den Einfluss unterschiedlicher N/P/K-Düngung auf die Wurzelerträge und Farbstoffgehalte von Färberkrapp bei unterschiedlicher Kultivierungsdauer zu klären.

Material und Methoden

Im Jahr 2001 wurde am Standort Groß-Gerau (Sl, leicht humos, AZ 25) ein einfaktorieller Feldversuch (s. Tab. 1) angelegt, von dem bislang 3-jährige Versuchsergebnisse vorliegen. Die durchgeführten Düngungsmaßnahmen erfolgten jährlich zu Versuchsbeginn. Die N-Gaben wurden bei einer Dosierung von 120 bzw. 180 kg/ha N in zwei (60 + 60) bzw. drei (60 + 60 + 60) Teilgaben appliziert. Die Ernte wurde jeweils im Spätherbst (Erntefläche = 1,4 m²) vorgenommen. Die Bestimmung der Farbstoffgehalte erfolgte photometrisch nach der Methode von SIEBENBORN (2001).

Tab. 1: Prüffaktoren und Kultivierungsmaßnahmen im Düngungsversuch mit

Versuchsdauer:	2001 – 2004
Versuchsanlage:	Blockanlage, 4 Wiederholungen
Parzellengröße:	10,5 m ²
Reihenweite:	45 cm, Dammkultur
Bestandesdichte	10 Pflanzen/m ²
Sorte	Herkunft „Boroträger“
Pflanzung	09. 05. 2001
Variante Nr. 9	mit 3,4-Dimethylpyrazol- phosphat (DMPP)
Erntetermin	jeweils Anfang Oktober

Prüffaktoren:

Nr.	N	P	K
	kg/ha		
1	0	0	0
2	60	0	0
3	120	0	0
4	120	40	120
5	180	40	120
6	0	0	120
7	120	40	180
8	120	40	180
9	180	40	120
Nr. 9 mit DMPP			

* Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen, e-mail: Bernd.Honermeier@agr.uni-giessen.de

Ergebnisse und Diskussion

Die Wurzelerträge und Farbstoffgehalte aus 3 Versuchsjahren sind in der Tab. 2 dargestellt. Betrachtet man zunächst den Einfluss der Kultivierungsdauer, dann ist nur vom ersten zum zweiten Vegetationsjahr eine deutliche Steigerung der Wurzelerträge festzustellen. Eine über 2 Jahre hinaus gehende Kultivierungsdauer von Färberkrapp hat nach diesen Ergebnissen trotz Zunahme der Gesamtbiomasse keine signifikante Steigerung der Wurzelerträge zur Folge. Innerhalb der Gesamtbiomasse nimmt mit zunehmender Kultivierungsdauer der Anteil der Kraut-TM zu, was durch eine Abnahme der Ernte-Indizes von 0,45 (2001) auf 0,43 (2003) zum Ausdruck kommt (Werte hier nicht dargestellt). Die Farbstoffgehalte lagen im Mittel der Versuchsjahre in der Spanne von minimal 2,41 bis maximal 2,79 % der TM. Die Kultivierungsdauer blieb ohne Einfluss auf die Farbstoffgehalte in den Wurzeln.

Tab. 2: Wurzelerträge (dt/ha TM) und Farbstoffgehalte (% TM) von Färberkrapp im Düngungsversuch Groß-Gerau 2001-2003

Nr.	Wurzelerträge (dt/ha TM)			Farbstoffgehalte (% TM)		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003
1	22,7	32,5	27,8	2,90	2,94	2,54
2	26,4	37,1	41,6	3,08	3,14	2,46
3	22,6	38,2	44,1	2,83	2,89	2,56
4	28,8	36,0	41,3	2,82	2,90	2,32
5	22,8	44,1	45,0	2,74	2,81	2,28
6	20,7	32,9	29,1	2,71	2,69	2,53
7	26,2	43,2	46,3	2,63	2,44	2,25
8	30,3	45,6	47,0	2,63	2,60	2,40
9	26,6	41,8	44,4	2,67	2,74	2,34
Mittel	25,2	39,0	40,7	2,78	2,79	2,41
GD 5 %	6,6	9,9	-	0,30	0,42	-

Fehlende N-Düngung (Varianten 1 + 6) führte in allen Versuchsjahren zu den niedrigsten Wurzelerträgen. Eine einmalige N-Gabe von 60 kg/ha (Nr. 2) konnte diese Ertragsreduktion vollständig kompensieren. Höhere N-Dosierungen von 120 bzw. 180 kg/ha N bewirkten im Vergleich mit 60 kg/ha N keine Verbesserung der Wurzelerträge.

Die Farbstoffgehalte der Krappwurzeln wurden durch die Variierung der Nährstoffdosierung nicht verändert. Sowohl bei fehlender N/P/K-Düngung als auch bei hoher N/P/K-Düngung lagen die Farbstoffgehalte auf einem vergleichbaren Niveau. Auch die alleinige Düngung mit Kalium bewirkte bei Betrachtung aller Versuchsjahre keine gesicherte Änderung der Farbstoffgehalte.

Literatur

- Schweppe, H., 1992: Handbuch der Naturfarbstoffe. Ecomed Fachverlag Landsberg/Lech, 200-239.
 Siebenborn, S., 2001: Untersuchungen zur Inkulturnahme und Qualitätsverbesserung von *Rubia tinctorum* L., Dissertation, Universität Gießen

Bildung pharmazeutisch relevanter Wirkstoffe in der Blattdroge der Artischocke (*Cynara cardunculus* L. subsp. *flavescens* Winkl.)

Matthes C. & B. Honermeier*

Einleitung

Die Artischocke (*Cynara cardunculus* L. subsp. *flavescens* Winkl.) wird vor allem zur Linderung des weit verbreiteten dyspeptischen Symptomkomplexes sowie aufgrund ihrer cholesterinsenkenden und hepatoprotektiven Eigenschaften eingesetzt. Die Wirkungen sind dabei auf die große Inhaltsstoffgruppe der phenolischen Verbindungen, speziell Derivate der Kaffeesäure (CCS-Verbindungen) sowie Flavonoide zurückzuführen. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand darin, den Effekt des Erntetermins (entwicklungsphysiologisches Merkmal) auf die Bildung der wertgebenden Inhaltsstoffe zu ermitteln. Weiterhin sollte überprüft werden, in welchen Pflanzenorganen bzw. Blattsegmenten (morphologische Merkmale) das quantitativ sowie qualitativ hochwertigste Inhaltsstoffspektrum zu finden ist, und ob das Blattalter einen Einfluss auf die Inhaltsstoffbildung hat.

Material und Methoden

Zur Realisierung dieses Ziels wurde im Jahr 2003 am Standort Gießen ein Feldversuch (einfaktorielle Blockanlage, $r = 4$, Parzellengröße = 21 m^2 , Bestandesdichte = 4 Pflanzen/ m^2) mit der Sorte 'Green Globe' durchgeführt. Nach der Aussaat (15. April) sowie nach jeder Ernte erfolgte eine N-Düngung von 40 kg N/ha. Im Abstand von einer Woche konnten zwischen Ende Juni und Anfang Oktober 15 Erntetermine realisiert werden, in den frühen Ernteterminen waren bis zu drei Schnitte/Variante möglich. Zu jedem Erntetermin wurden sechs repräsentative Einzelpflanzen/Parzelle entnommen und diese nach grünen und gelben Blättern sowie Sprossachse und Blüte aufgeteilt. Die Aufteilung der Blätter erfolgte nach Blattspreite (Blattbasis, -mitte und -spitze) und Blattachse. Die Wirkstoffgehalte der getrockneten und gemahlten Blattproben wurden nach Etablierung einer geeigneten HPLC-Methode nach BRAND & WESCHTA (1991) bestimmt. Referenzsubstanz für die CCS-Verbindungen war deren Hauptkomponente Chlorogensäure (3-O-Caffeoylchinasäure), für die Flavonoide das Cynarosid (Luteolin-7-O-glucosid).

Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden wird ausschließlich auf die Teilergebnisse des ersten Schnittes eingegangen. Die hohen Temperaturen während der Jugendentwicklung der Pflanzen wirkten sich vor allem auf eine verstärkte Bildung der für die Arzneipflanzenproduktion eher unerwünschten Blütenköpfe aus. So nahm der Anteil dieses Pflanzenorgans am Gesamt-TM-Ertrag vom frühesten Erntetermin (48 Vegetationstage) bis hin zum spätesten Erntetermin (146 Vegetationstage) von 0 % auf 52 % signifikant zu. In Bezug auf die gewünschten grünen Rosettenblätter wurde das Ertragsmaximum von 32,62 dt/ha (Blattspreite + Blattachse) zum 6. Erntetermin nach 83 Vegetationstagen erreicht. Der Anteil an seneszenten Blättern (3,97 % des Gesamt-TM-Ertrages) sowie der Blüten und Sprossachsen (ges. 4,62 %) war hier relativ gering.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Giessen, Ludwigstrasse 23, 35390 Giessen, christian.matthes@agrar.uni-giessen.de

Die Wirkstoffgehalte in der Droge unterlagen einer Einflussnahme durch die Wachstumsdauer. Die höchsten Wirkstoffgehalte wurden bei frühen Ernteterminen (1.-5. Erntetermin) festgestellt (siehe Abb. 1). Nach einer Wachstumsdauer von 146 Tagen (15. Erntetermin) lag der Gehalt an Chlorogensäure in den grünen Blättern bei 43 % des Ausgangsgehaltes. Des Weiteren wurde mittels der HPLC-Analysen die Vermutung bestätigt, dass in erster Linie die Blattspreiten (v. a. Blattmitte und Blattspitze) der grünen Rosettenblätter die höchste Konzentration an Chlorogensäure aufweisen (Abb. 1). Vergleichbare Ergebnisse, wenngleich auf deutlich niedrigerem Niveau, wurden bei Cynarosid, der Hauptkomponente der Flavonoid-Fraktion festgestellt. Im Gegensatz zu den grünen Blättern liegt in seneszenten Blättern, Sprossachse und Blüten ein signifikant niedrigerer Inhaltsstoffgehalt vor.

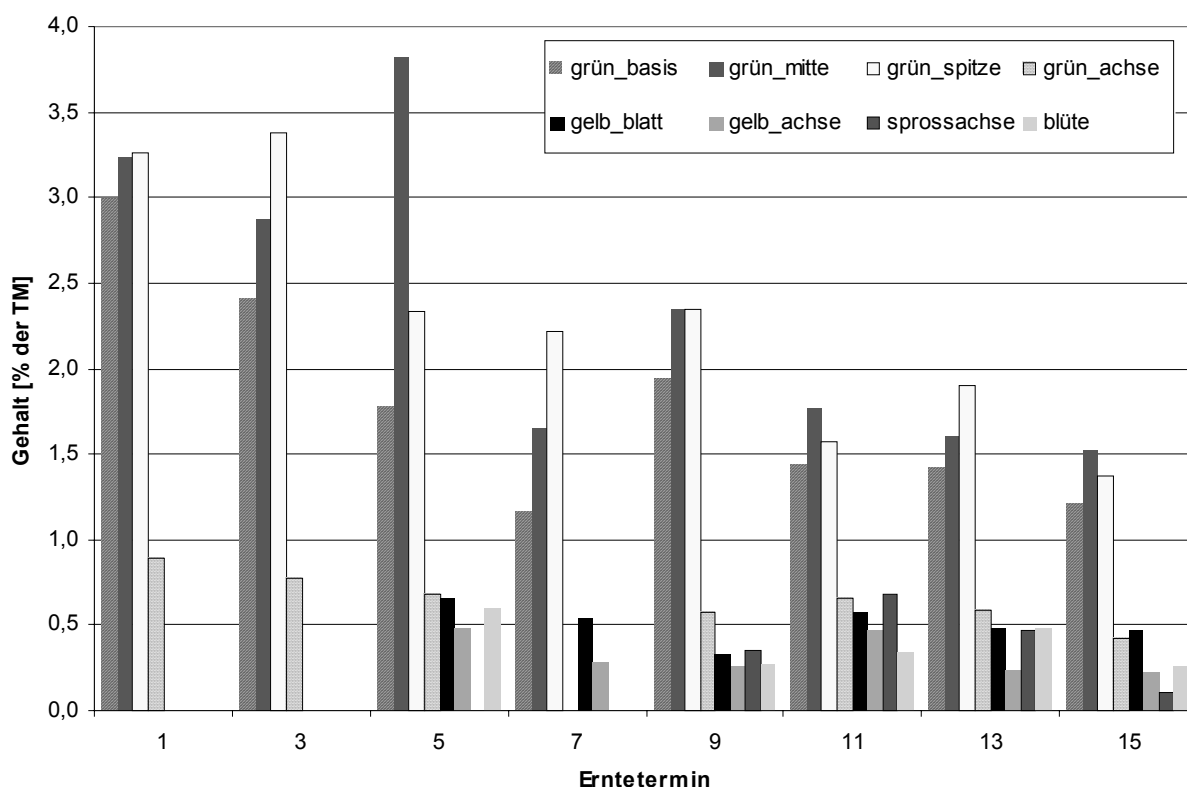


Abb. 1: Gehalt an Chlorogensäure in den Pflanzenorganen und Blattsegmenten der Artischocke in Abhängigkeit des Erntetermins – 1. Schnitt, Gießen 2003.

Innerhalb der Pflanze weisen die physiologisch jüngsten Blätter (oberste Blattetagen bzw. Blätter im Zentrum der Blattrosette) deutlich höhere Wirkstoffgehalte auf als ältere ausgewachsene Blätter.

Die ermittelten Befunde bestätigen generell die Untersuchungsergebnisse von BAIER (2003), der daraus schlussfolgert, dass im praktischen Anbau eine häufige Ernte von jungem Blattmaterial sinnvoll ist.

Literatur.

- BAIER, C. 2003: Biologische und pflanzenbauliche Untersuchungen an der Arzneipflanze Artischocke (*Cynara spec. L.*). Teil 1: Veränderungen der Inhaltsstoffe während der Blattentwicklung. Drogenreport Jg. 16, Heft 29: 40-42.
- BRAND, N. & H. WESCHTA 1991: Die analytische Bewertung der Artischocke und ihrer Präparate. Zeitschrift für Phytotherapie 12: 15-21.

Wirkung unterschiedlicher Lagerungsbedingungen auf die Drogenqualität von *Calendula officinalis* L.

Paula Melo Martins & B. Honermeier *

Einleitung

Die Ringelblume (*Calendula officinalis* L.) ist eine in Mitteleuropa seit langem kultivierte Arzneipflanze aus der Familie der *Asteraceae*, deren Blütendroge (*Calendulae flos*) eine granulationsfördernde und antiphlogistische Wirkung besitzt (TEUSCHER 1997). Für die Weiterverarbeitung und Anwendung der Blütendrogen ist eine sachgerechte Lagerung der Ernteprodukte erforderlich. Kenntnisse über den Einfluss unterschiedlicher Lagerungsbedingungen auf die Qualität und die Wirkstoffgehalte der Droge sind nicht in ausreichendem Maße vorhanden. Das Ziel des durchgeführten Lagerungsversuches bestand deshalb darin, den Einfluss der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Verpackungsform auf relevante Qualitätsmerkmale der Blütendroge in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer zu prüfen

Material und Methoden

Der Lagerungsversuch wurde im Phytotron Rauischholzhausen 2004 mit der Sorte „Erfurter Orange“ durchgeführt. Die Pflanzen wurden in Gewächshauszellen angezogen, Februar bis April 2004 beerntet (Blütenköpfe mit Kelchboden, ohne Stängel) und die Drogen bei 40 °C getrocknet. Durchgeführt wurde ein zweifaktorieller Versuch mit den Prüffaktoren A - Verpackungsform (1-Papiertüte, 2-Papiertüte + PET-Folie innen) und B - Lagerungsbedingungen (5 Stufen) mit 4 Wiederholungen (s. Tab. 1). In den Varianten 1, 2 und 4 (Klimakammern) konnten

Tab. 1: Bedingungen des Lagerungsversuches mit Ringelblumen

Variante	LT °C	rel. LF %	Lichtverhältnisse
1	30	80	Dunkellagerung
2	30	20	Dunkellagerung
3	13-18	50 - 70	Dunkellagerung
4	7	84 - 95	Dunkellagerung
5	9-34	30 - 90	Tageslicht (Gewächshaus)

die Lufttemperatur (LT) und die Luftfeuchte (LF) konstant gehalten werden. In den Varianten 3 (unklimatisierter Innenraum) und 5 (Gewächshaus) wurden dagegen die Tagesgänge der LT und LF wirksam. Als Prüfmerkmale wurden erhoben: der Wassergehalt (%) und die Keimzahl (Pilze) sowie die Gehalte an Karotin, Xanthophyll und Flavonoiden. Der Lagerungsversuch wurde am 13. 4. 2004 (T_0) begonnen. Nach 4 Wochen (T_1) erfolgte die erste Probenahme, deren Ergebnisse hier vorgestellt werden.

* Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen, e-mail: Bernd.Honermeier@agr.uni-giessen.de

Ergebnisse und Diskussion

Der mittlere Wassergehalt der Droge (Analyse einer repräsentativen Mischprobe) lag zu Versuchsbeginn (T0) bei 5,64 %. Die Inhaltsstoffe waren zu diesem Termin durch einen Karotingehalt von 0,13 % TM, einen Xanthophyllgehalt von 0,27 % TM und einen Flavonoidgehalt von 0,5 % TM gekennzeichnet. Nach 4wöchiger Lagerung der Blütendrogen wurden die in Tab. 2 dargestellten Befunde ermittelt.

Tab. 2: Einfluss unterschiedlicher Lagerungsbedingungen auf die Drogenqualität von *Calendula officinalis* (T1 nach 4 Wochen), VS Rauischholzhausen 2004

Var.	Karotin		Xanthophyll		Flavonoide		Wassergehalt		KZ (Pilze)	
	% TM		% TM		% TM		%		/g TM	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
1	0,15	0,13	0,13	0,21	0,32	0,27	10,6	8,5	363	9075
2	0,05	0,05	0,13	0,12	0,34	0,28	7,8	7,0	817	681
3	0,09	0,13	0,15	0,25	0,23	0,27	7,8	10,8	363	635
4	0,11	0,13	0,17	0,22	0,25	0,21	7,3	10,7	998	191
5	0,08	0,05	0,17	0,10	0,19	0,23	7,9	6,9	426	218
Mittel	0,10	0,10	0,15	0,18	0,27	0,25	8,3	8,8	593	2160

Legende: Ohne = nur Papiertüte, mit = Papiertüte + PET-Folie, KZ = Keimzahl

Die Wassergehalte der Blütendroge waren nach 4wöchiger Lagerung um etwa 2 bis 5 % erhöht. Die Lagerung mit Plastikfolie führte infolge der Atmungsaktivität der Blüten zu einer stärkeren Erhöhung der Wassergehalte als die ausschließliche Lagerung in Papiertüten. Der mangelnde Luftaustausch dürfte auch als Grund für die starke Zunahme der Pilzkontamination in der Variante „mit PET-Folie“ anzusehen sein (vgl. Tab. 2). Bezüglich der Inhaltsstoffgehalte ergaben sich nach 4wöchiger Lagerung bislang keine signifikanten Effekte durch die Verpackungsform (ohne/mit PET-Folie). Es ist jedoch festzustellen, dass die Lagerungsdauer von 4 Wochen bereits zu einer deutlichen Abnahme der Gehalte an Karotin, Xanthophyll und Flavonoiden geführt hat. Deutliche Effekte durch die Lagerungsvariante (Temperatur und Luftfeuchte) waren vor allem an den Karotingehalten zu beobachten. Diese waren in den Varianten 2 und 5 besonders stark reduziert. In der Variante 2 ist dieser Effekt nicht eindeutig erklärbar. In der Variante 5 dürfte die Einwirkung des Lichtes den Abbau des Karotins verursacht haben.

Neben den hier untersuchten Inhaltsstoffen sind in Ringelblumenblüten u. a. auch Triterpensaponine und Triterpenalkohole enthalten. Letztere können mit Essigsäure oder Fettsäuren zu Monoestern verknüpft sein. Die dabei entstehenden Faradiolmonoester gelten als die Hauptwirkstoffe für die antiphlogistische Effekte dieser Droge. In bisherigen Untersuchungen haben sich diese Verbindungen als sehr temperaturstabil erwiesen (ZITTERL-EGLSEER et al. 2000). In zukünftigen Untersuchungen soll deshalb geklärt werden, wie sich die hier simulierten Lagerungsbedingungen auf die Stabilität der Faradiolmonoester auswirken.

Literatur

- Teuscher, E., 1997: Biogene Arzneimittel, 5. Aufl., Wiss. Verlagsgesell. Stuttgart
 Zittel-Eglsser, K., Novak, J., Traxler, E., Franz, Ch. (2000). Stabilität der Faradiolmonoester in Ringelblumenblüten (*Calendula officinalis* L.) bei verschiedenen Trocknungstemperaturen. Z. Arzn. Gew. Pfl. 5:68-70.

Vorkommen verschiedener Zucker und Inulin in Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) im Verlauf der Vegetation sowie daraus resultierende Nutzungsmöglichkeiten im Nahrungs- und Rohstoffbereich

Kerstin Stolzenburg*

Einleitung

Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) ist eine Kulturpflanze mit hohem Leistungspotenzial. Ähnlich der Kartoffel bildet sie unterirdisch Sprossknollen aus, in denen große Mengen des Polyfructans Inulin synthetisiert und als Reservekohlenhydrat eingelagert werden. Die zumeist linear strukturierte Molekülkette besteht aus einer im Verlauf der Vegetationszeit variierenden Anzahl von Fructoseeinheiten, welche in furanosider Form vorliegen und fast ausschließlich ($\beta 2 \rightarrow 1$)-glycosidisch miteinander verknüpft sind. Der Gehalt an Inulin und der mittlere Polymerisationsgrad des Reservekohlenhydrates sind von verschiedenen Faktoren abhängig, zu denen vornehmlich der Entwicklungsstand der Pflanzen, die Knollengröße sowie Lagerdauer und Lagerbedingungen nach der Ernte zählen. Der theoretisch erzielbare Inulinertrag je Flächeneinheit und die Ausbeute an Fructose sind als hoch einzuschätzen. Entsprechend vielseitig sind die Vermarktungsmöglichkeiten von Topinambur, die von der Trinkbranntweingewinnung und der Bioethanolherzeugung über die Nahrungsmittelindustrie bis hin zur chemisch-technischen Verwertung der Knollen als nachwachsender Rohstoff reichen.

Material und Methoden

Neben pflanzenbaulichen Aspekten und der Ertragsleistung von über 60 Topinambursorten und -herkünften werden an der Landesanstalt für Pflanzenbau Baden-Württemberg (LAP Forchheim) seit 1994 auch die Zusammensetzung und Qualität der Inhaltsstoffe untersucht und beurteilt. Um die Synthese und Speicherung von Inulin in Topinambur quantifizieren zu können, wurden zwischen 2000/01 und 2003/04 die Topinambursorten „Rote Zonenkugel“, Waldspindel“ und „Henriette“ monatlich geerntet, eine Ertragsbestimmung der Knollen, Stolonen, Wurzeln und des Krautes sowie eine Analyse der enthaltenen Mineralstoffe und Zucker vor bzw. nach der Hydrolyse durchgeführt. Eine Auswahl der Ergebnisse soll in diesem Vortrag vorgestellt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Etwa 72 % der Gesamt-TM werden von verschiedenen Zuckerkomponenten eingenommen. Den Hauptanteil bildet mit fast 75 % das Reservekohlenhydrat Inulin. In den Jahren 1995 bis 2002 lag das Versuchsmittel im Februar/März bei 52,4 % Inulin in der TM. Mit durchschnittlich 73 % in der TM war der Inulingehalt in den Knollen zu Beginn des Erntezeitraumes am höchsten. Das Maximum hochmolekularer Fructane wird sortenabhängig zwischen Ende August und Ende Oktober erreicht. Bei allen untersuchten Sorten und Herkunftsn sank der Inulingehalt über die Wintermonate gleichmäßig um ca. 15 % ab. Der Gesamtzuckergehalt blieb dagegen mit ca. 73 bis 75 % in der TM nahezu konstant. Die Zusammensetzung der Zucker ändert sich im

* Dipl.-Ing.agr. Kerstin Stolzenburg, LAP Forchheim, Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten
Tel 0721/9518-217, Email: Kerstin.Stolzenburg@lap.bwl.de, Internet: <http://www.lap.bwl.de>

Verlauf der Vegetation. Langkettige Polyfructane werden unter entsprechenden Bedingungen durch den knolleneigenen Inulinase-Komplex in kürzere Fructanketten bzw. Mono- und Disaccharide aufgespalten. Im Mittel der untersuchten Sorten lag der theoretische Inulinertrag bei 4,8 t je Hektar (Erntetermin Februar/März). Hinsichtlich der Speicherung von Inulin in Topinamburknollen lässt sich eine enge Korrelation zum Knollenertrag nachweisen ($R^2 = 0,93$). Neben der angebauten Sorte hatten vor allem Klima- und Bodenbedingungen einen entscheidenden Einfluss auf die Syntheseleistung. Der höchste theoretisch erzielbare Inulinertrag wurde mit 11,3 t/ha im Oktober 2000 gemessen. Obwohl eine Rodung der Knollen aufgrund des Reifegrades und der noch festen Verbindung der Stolonen, außer bei den frühreifen Sorten, im Oktober nicht optimal verläuft, ist die Inulinausbeute zu diesem Zeitpunkt etwa 40 bis 60 % höher als bei einer Ernte im Februar/März. Die Fructoseausbeute könnte allein mehr als 10 t/ha betragen. Soll für den Nahrungsmittelbereich produziert werden, ist der Erntezeitpunkt vor dem Winter am besten geeignet.

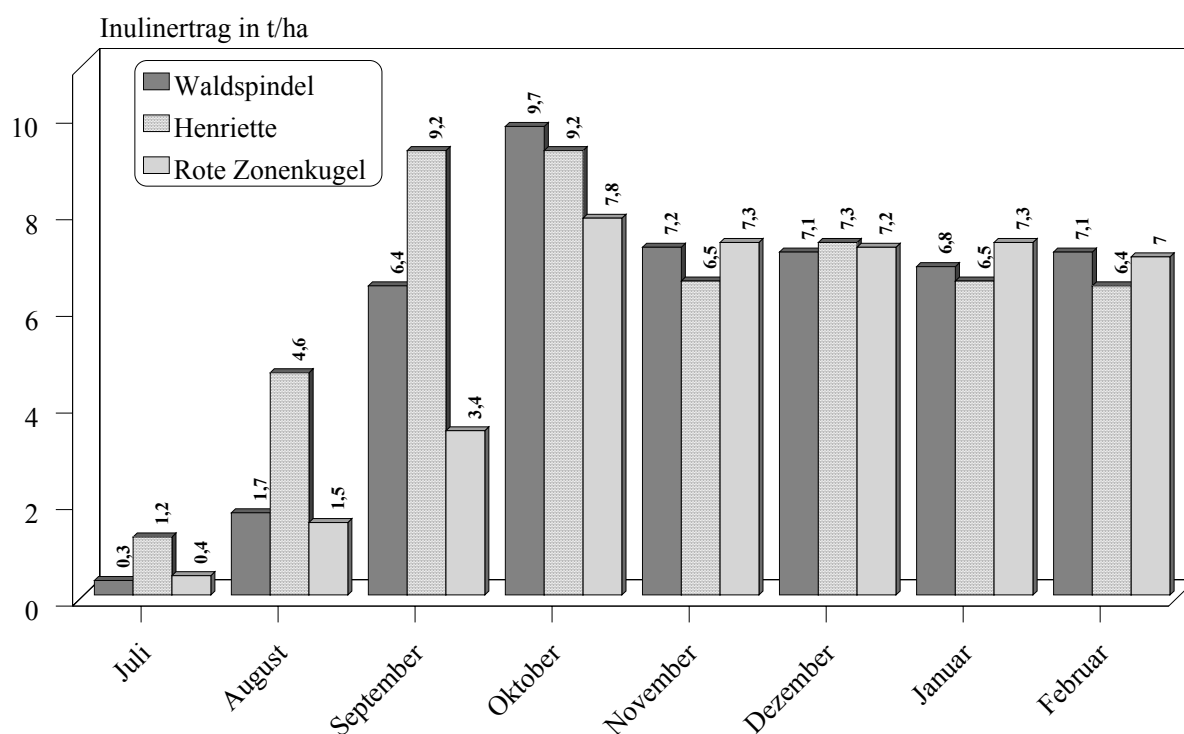


Abb. 1: Inulinertrag verschiedener Sorten (LAP Forchheim, Mittel über 3 Jahre)

Literatur

- Feuerle, R. 1996: Die Sinkkapazität als limitierende Größe der Inulinspeicherung in Knollen von Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.), Diss., Verlag Ulrich E. Grauer
- Höppner, F. 1991: Fructanspeicherung in Spross und Knolle von Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) sowie Einfluss der Wasserversorgung auf Wachstum und Ertrag, Diss., Justus-Liebig-Universität Gießen
- Stolzenburg, K. 2002: Topinambur – Anbau und Verwertung, Sonderheft 1/2002 der Reihe Informationen für die Pflanzenproduktion, Herausgeber: LAP Forchheim

Sudangras - ein Neuling unter den nachwachsenden Rohstoffen

Jürgen Debruck & Isolde Reichardt*

Einleitung

Sudangras ist als Futterpflanze und nachwachsender Rohstoff ein Neuling und seitens der Herkunft ein Exot zugleich.

Von den vielen afrikanischen Savannengräsern fand es Anfang des Jahrhunderts den Weg nach Nordamerika und hat sich hier in den zentralen Graslandgebieten auf vielen Millionen acres zu einem der bedeutendsten Futtergräser etabliert.

Die Übernahme in den deutschsprachigen Raum ist schwer nachvollziehbar. Die Kenntnis vom Anbau im österreichischen Burgenland als Co-Substrat der Güllefermentation zur Biogasgewinnung (GRAF 2001) war Anlass für die Landesanstalt, exakte Anbauversuche in der Bundesrepublik einzuleiten.

Material und Methoden

In 2002 war die Schwarzerde des Standortes Bernburg-Strenzfeld zunächst alleiniges Experimentierfeld. Geprüft wurden Bestandsaufbau und Biomasseleistung als Haupt- und Zweitfrucht, sowie die Eignung chemischer Pflanzenschutzmittel. In 2003 wurden weitere Standorte in die Prüfung einbezogen. Schnitthäufigkeit und gestaffelte Reihenabstände kamen hinzu. Untersuchungen zur Eignung als Co-Substrat bei der Biogasgewinnung wurden erfolgreich eingeleitet.

Ergebnisse und Diskussion

Der Erstanbau in 2002 brachte nach Tab. 1 geradezu spektakuläre Aufwüchse, die weit über Grün- und Silomais liegen und das Sudangras als C₄-Pflanze ausweisen.

Tab. 1: Sudangras-Ernte

Anbaufläche	Saat	Ernte	dt/ha		TS in %
			Frischmasse	Trockenmasse	
Konventionell mit 80 N					
	23.04.	28.08.	1207	326	27
	25.06.	19.09.	608	164	27
	23.07.	17.10.	561	140	25
Ökologisch n. Umbruch Soja / Lupinen					
	25.06.	09.10.	863	250	29
	22.07.	09.10.	560	129	23

Die Aussaatstärke entsprach der vom Samenvertrieb FREUDENBERGER, Krefeld, empfohlenen Saatkraft von 25 kg/ha. Das sind bei einer TKM von 23g = 110 Körner/m², aus denen ca. 90 Halme erwachsen, davon 70 rispentragend. Voraussetzung für eine derartige Leistung sind ein effektiver Pflanzenschutz, der mit „3 l/ha Stomp VA + 2 l/ha Basagran NA“ oder aber „Artett NA“ am besten gewährleistet ist. Derzeit gibt es noch keine in der Praxis zugelassenen Mittel für den Einsatz in Sudangras.

2003 als 2. Versuchsjahr sollte Einblick geben in die Standortfrage:

* Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Zentrum für Acker- und Pflanzenbau, Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg

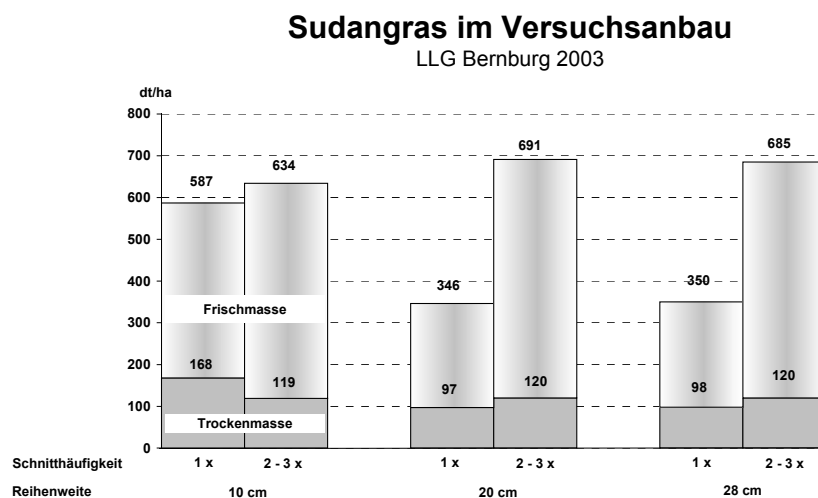
Die Ernteergebnisse in Tab. 2 besagen, dass der 1. Schnitt (Beginn Rispenblüte) bei standortangepasster Produktionstechnik auf einem vergleichbaren Niveau liegt und erst der Nachwuchs die abnehmende Bodengüte anzeigt.

Tab. 2: Sudangras – zur Wüchsigkeit auf LLG-Standorten 2003

Standort	Bernburg	Iden	Beetzendorf
Gebiet	Magd. Börde	östl. Altmark	westl. Altmark
Boden-Typ	Löß-Schwarzerde	Deckauntone	Sandlöß-Braunerde
Ackerzahl	94	65	45
Saatstärke kg/ ha	25	30	25
N- Düngung kg/ ha	60	130+100	60+60
1. Schnitt dt/ ha FM	379	363	412
2. Schnitt	339	225	137
Gesamt dt /ha TM	127	122	125

- die Reihenweite und Schnitthäufigkeit:

Vorläufige Aussagen macht Abb. 1. Wüchsige Standorte lassen einen Intensivanbau mit engem (Getreide-) Reihenabstand und Mehrfachschnitte zu. Weit gestellte Reihen kommen nur für Mehrfachschnitte in Betracht. Die Ausbildung von Seitentrieben und die Zuordnung von mehr Bodenraum und Bodenwasser sind wesentliche Stimulationsfaktoren.



Gilt es, Silage als Co-Substrat für die Biogaserzeugung zu gewinnen, empfiehlt sich ein intensiver Anbau mit engen Reihen und Ernte ab der Rispenblüte. Die prozentuale Biogasausbeute ist der von Maissilagezusatz vergleichbar, wie auch der Futterwert Anreiz für den Anbau bietet. Das kürzlich novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und der hier angehobene Brennstoffbonus für nachwachsende Rohstoffe auf 6 Ct/ kWh für Biogasanlagen bis 500 kW/ h, wird Anlass für eine forcierte Anbauentwicklung sein, zumal jetzt die Vollkosten des Landwirts gedeckt sein dürften.

Literatur

Graf, W., 2001: Kraftwerk Wiese.2.erw. Auflage. Books on Demand, ISBN: 3-89811-193-8

Biogaspotential aus Koppelprodukten des ökologischen Marktfruchtbaues

P.-W. Stinner, A. Deuker, K. Möller & G. Leithold*

Einleitung

Die Landwirtschaft kann durch die Bereitstellung von Biomasse einen Beitrag zur Energieversorgung leisten. Insbesondere die Erzeugung von Biogas bietet sich an, weil einerseits dieses Verfahren die Verwertung von sonst nicht nutzbaren Stoffen (Gülle/Mist, Futterreste, Zwischenfruchtaufwüchse, zur Einstreu nicht benötigtes Stroh, Aufwuchs von Stilllegungsflächen) ermöglicht, andererseits beim Biogasverfahren – anders als bei den meisten anderen Verwertungsverfahren – alle für den pflanzenbaulichen Produktionsprozess wichtigen Nährstoffe im Betriebskreislauf weitgehend verlustfrei verbleiben. Klee gras, Zwischenfrüchte und Untersaaten als aufbauende Elemente der Fruchtfolge haben in ökologischen Fruchtfolgen zentrale Bedeutung, auch in Betrieben ohne oder mit minimaler Viehhaltung, die diese Aufwüchse i.d.R. nicht verwerten können. Die Energiepotentiale der oben genannten Stoffe sollen im Folgenden gezeigt werden. Die Ergebnisse entstammen einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekt (siehe DEUKER ET AL., MÖLLER ET AL. und STINNER ET AL. in diesem Band)

Material und Methoden

Auf dem Versuchsbetrieb Gladbacherhof werden in je einem viehhaltenden und viehlosen Betriebssystem neben den pflanzenbaulichen Aspekten, die die Einführung einer Biogasanlage bewirkt, die Biogas-Potentiale untersucht. Die Fruchtfolge im viehhaltenden Betriebssystem besteht aus zweijährigem Klee gras (KG), Winterweizen (WW), Kartoffeln (Kar), Winterroggen (WR), Erbsen (Erb), Dinkel (DI) und Sommerweizen (SW) mit untergesättem Klee gras. Nach Wintergetreide und Erbsen steht ein Zwischenfruchtgemenge aus Öletlich und Sommerwicken. Der Viehbestand beträgt 0,8 GV/ha. Im viehlosen System folgen nach einjährigem Klee gras (KG) Kartoffeln (Kar), Winterweizen (WW 3), Erbsen (Erb), Winterweizen (WW 5) und Sommerweizen (SW) mit Untersaat (US). Auch hier steht nach Winterweizen und Erbsen das oben genannte Zwischenfruchtgemenge.

Gezeigt werden die Energiepotentiale, die sich im viehhaltenden System aus der Vergärung der Exkremate, des Strohes von Erbsen und Getreide (einschließlich der darin enthaltenden Unkräuter) und der Zwischenfrüchte erzielen lassen. Dabei wird das Stroh separat berechnet, unabhängig davon, ob es vor der Vergärung als Einstreu genutzt oder direkt in die Vergärungsanlage gespeist wird. Im viehlosen System werden das Klee gras, das Stroh von Weizen und Erbsen sowie die Zwischenfruchtaufwüchse einbezogen. Die Zahlen sind Bruttowerte, d.h. der Eigenverbrauch der Biogasanlage sowie Energieverbrauch für die Ernte der Koppelprodukte und die Ausbringung der daraus entstandenen Gärreste werden nicht berücksichtigt. Berechnet wurden die potenziellen Energieerträge aus der anfallenden Gülle und den gemessenen TM-Erträgen der oben genannten Pflanzenaufwüchse abzüglich 20 % Berge- und Lagerverluste. Diese Werte wurden multipliziert mit den aus der Literatur bekannten durchschnittlichen Energieausbeuten einzelner Substrate. Bei fehlendem Tabellenwert wurde der Wert von Material vergleichbarer Zusammensetzung

* Professur für Organischen Landbau, Justus Liebig-Universität Gießen

verwendet. Nicht erfasst sind die Energiepotenziale von Getreideausputz und Abfallkartoffeln. Zur besseren Übersichtlichkeit wurde CO₂ herausgerechnet und als Einheit Norm-m³ Methan (Nm³ CH₄) gewählt (1 Nm³ Methan entspricht 1 l Diesel).

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Ernte und Vergärung der Koppelprodukte lassen sich erhebliche Mengen an Energie gewinnen, in der vorliegenden viehhaltenden Fruchtfolge bei Vergärung der Exkremete, des Strohes und der Zwischenfruchtaufwüchse sind dies brutto knapp 1300 Nm³ CH₄/ha im Fruchtfolgemittel (Tab. 1). Beim untersuchten viehlosen Betriebssystem lassen sich bei Vergärung der Kleeegrasaufwüchse, des Strohes und der Aufwüchse von Zwischenfrüchten brutto ca. 1560 Nm³ CH₄/ha im Fruchtfolgemittel gewinnen (Tab 2).

Tab. 1: Trockenmasseanfall (dt TM/ha) und potenzielle Methanerträge (Nm³ CH₄ /ha) der Gülle und der vergärbaren Koppelprodukte im viehhaltenden System

TM	Gülle ¹⁾	WW St	WW ZW	WR St	WR ZW	Erb St	Erb ZW	DI St	DI ZW	SW St
2002	170	60,8	33,5	43,1	23,1	22,2	30,3	38,7	37,4	34,0
2003	170	60,0	41,6	79,0	57,2	38,6	27,4	78,6	29,7	45,1
MW	170	60,4	37,6	61,1	40,2	30,4	28,9	58,7	33,5	39,6
Methan	2240	987	1071	998	1145	497	823	959	957	646

¹⁾ Gülle ohne Einstreu, St = Stroh inklusive Unkraut, ZW = Zwischenfrucht, MW = Mittelwert

Im viehhaltenden System entfallen nur etwa 35-40 % des Biogaspotentials auf die Gülle einschließlich der Einstreu. Daraus wird deutlich, dass die energetische Nutzung der pflanzlichen Reststoffe, die meist ungenutzt auf den Ackerflächen verbleiben, einen erheblichen Beitrag zu den Gaserträgen leisten kann. Insbesondere die Zwischenfrüchte können hier mit rund 40 % des Biogaspotentials einen erheblichen Beitrag liefern (Tab. 1).

Tab. 2: Trockenmasseanfall (dt TM/ha) und potenzielle Methanerträge (Nm³ CH₄/ha) der vergärbaren Koppelprodukte im viehlosen System

	Klee gras	WW 3 St	WW 3 ZW	Erbs St	Erb ZW	WW5 St	WW5 ZW	SW St	SW US
2002	107	32	33	23	34	40	32	28	25
2003	135	55	42	26	25	67	32	45	10
MW	121	43,5	37,5	24,5	29,5	51,5	32,0	36,5	17,5
Methan	3450	711	1069	400	841	874	912	597	499

St = Stroh inklusive Unkraut, ZW = Zwischenfrucht, US=Untersaat, MW = Mittelwert 2002/2003

Den bedeutendsten Beitrag (etwa 42 %) zu den erzielbaren Gaserträgen im viehlosen System liefern die Aufwüchse des Klee grasses mit 3450 Nm³ CH₄/ha aus der Hauptfrucht und 499 Nm³ CH₄/ha aus der Untersaat im SW. Aus den Zwischenfrüchten nach Wintergetreide bzw. Körnererbsen können im Durchschnitt ca. 940 Nm³ CH₄/ha gewonnen werden, dies entspricht rund 30 % des Gesamtpotentials. Aus dem Stroh des Getreides können im Durchschnitt ca. 650 Nm³ CH₄/ha erzeugt werden. Die Nutzung des Strohs kann somit etwa 27 % zum Gesamtgasertrag der abgebildeten Fruchtfolge beitragen.

Aus den Berechnungen geht hervor, dass im ökologischen Landbau nur durch die Nutzung der anfallenden Koppelprodukte – ohne gezielten Anbau von Energiepflanzen – je nach Intensität der Bodenbearbeitung, ein Vielfaches der Energie erzeugt werden kann, die für die Bewirtschaftung der Ackerflächen benötigt wird.

Einfluss unterschiedlicher Kultursubstrate auf Sickerwassermenge und gelöste Stoffe bei der Schließung von Deponien (Großgefäßversuch)

P. Liebhard, Karin Wriessnig & Tatjana Gomiscek*

Einleitung

Ein Teil der von Deponien und Rekultivierungsflächen ausgehenden Sickerwässer und Gase können durch eine verbesserte Deponie- und Abdecktechnik vermindert werden.

Dringt belastetes Sickerwasser ins Grundwasser ein, dann besteht eine Langzeitgefahr für das Trinkwasser. Flüssige Emissionen sind technisch durch Sammlung und Abfuhr bzw. durch Reduktion oder Vermeidung des Sickerwasseranfalles lösbar. Einen wesentlichen Einfluss auf den Sickerwasseranfall haben einerseits die Abdeckschicht und andererseits die darauf befindliche Vegetationsdecke. Durch den Pflanzenaufwuchs wird zumindest während der Vegetationszeit das anfallende Niederschlagswasser durch Transpiration und Biomassebildung gebunden und vermindert dadurch die Sickerwassermenge. Das Abdecksubstrat muss daher neben einem entsprechenden Nährstoffvorrat für die aufwachsenden Pflanzen zusätzlich in Abstimmung mit den regional zu erwartenden Niederschlägen über eine entsprechend hohe Wasserspeicherkapazität bzw. Wasserdurchlässigkeit und den notwendigen Luftporenraum verfügen.

In einem Freiland-Gefäßversuch wurde geprüft, in welcher Teilmenge sich abfallbürtige Materialien wie Bio- oder Klärschlammkompost als Mischungsanteil für Kultursubstrate bei ein- und mehrjährigen Deckpflanzen eignen. Von Bedeutung ist weiters der Einfluss auf den Wasserhaushalt des Deponiekörpers und die anfallende Sickerwassermenge.

Material und Methoden

Im Frühjahr 1996 wurde am nördlichen Stadtrand von Wien eine Großgefäß-Versuchsanlage errichtet (Tab.1). Der langjährige Jahresniederschlag beträgt 540 mm, die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9,7 °C. Boden vom Standort (Bodentyp - Schwarzerde) wurde auch als Mischungspartner für das Substrat verwendet.

Die Versuchsgefäße waren runde, ca. 200 l fassende, Hartplastiktonnen von 85 cm Höhe und 65 cm Durchmesser. Die Gefäße wurden für die Sickerwassererfassung entsprechend vorbereitet (14 cm Kiesfüllung, darüber Vliesabdeckung, Fühler-Verkabelung und Verschlauchung mit Auffangbehälter). Die Gefäße wurden mit Materialien auf TM-Basis einheitlich befüllt und geringfügig durch Rütteln verdichtet. Die Leerräume zwischen den Gefäßen wurden mit Erde bis auf die Gefäßoberkante aufgefüllt. Dadurch konnte die höhere Erwärmung im Sommer bzw. die stärkere Unterkühlung im Winter vermindert werden (geringfügiger erwarteter „Oaseneffekt“). Das Ausgangsmaterial wurde gemäß ÖNORM 2023 auf chemische und physikalische Eigenschaften analysiert (Untersuchungsmethoden und Güteüberwachung von Komposten). Die Analyseergebnisse zeigten, dass die Komposte den Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfällen der Norm entsprechen. Der Biokompost wies die Güteklasse I, der Klärschlammkompost aufgrund der höheren Schwermetallgehaltswerte die Güteklasse II auf (ÖNORM S 2023). Das Wasserangebot wurde durch eine zusätzliche Bewässerung so ergänzt,

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien

dass es einer jährlichen Niederschlagsmenge von ca. 850 mm entsprach (während der Vegetationszeit wurden wöchentlich ca. 3 l / Gefäß aufgebracht).

Pro Kultursubstrat und Fruchtart wurden fünf Großgefäße (Wiederholungen) gefüllt.

Tab. 1: Versuchsanlage – Prüffaktoren (25Varianten)

Kultursubstrat/Mischungsanteil	Kurzbezeichnung	Fruchtart
Ackererde	A	Brache
Biokompost 40 % und Ackererde	Bio 40	Gräsermischung
Biokompost 60 % und Ackererde	Bio 60	Knöterich
Klärschlammk. 40 % und Ackererde	KSK 40	Miscanthus Giganteus
Klärschlammk. 60 % und Ackererde	KSK 60	Pappel

Ergebnisse und Diskussion

Von allen verwendeten Fruchtarten wurde das Decksubstrat ausreichend durchwurzelt und somit vor Erosion geschützt. Es kam auch zu keinen trockenheits- oder frostbedingten Ausfällen von Gefäßen. Mit zunehmender Versuchsdauer änderten sich zwar die Wachstumsbedingungen in den Gefäßen (1996 bis 2000), der Pflanzenaufwuchs, die Entzugswerte über Biomasse und Sickerwasser sind dennoch, getrennt für die jeweiligen hydrologischen Jahre, bewertbar.

Erwartungsgemäß wurde die höchste Sickerwassermenge in den Brachegefäßen erreicht (Abb.1). Während der Hauptvegetationszeit fiel auf den bewachsenen Gefäßen kein Sickerwasser an. Zwischen den Jahren gab es kultursubstrat- und fruchtartenbezogen kaum Unterschiede. Die Ergebnisse der Wasserspannung zeigen, dass die Ackererde zwar eine geringere Wasserspeicherkapazität, aber eine höhere Verfügbarkeit als die Kompostvarianten aufweist. Mit steigendem Kompostanteil erhöhte sich die für die Pflanzen nicht verfügbare Wassermenge.

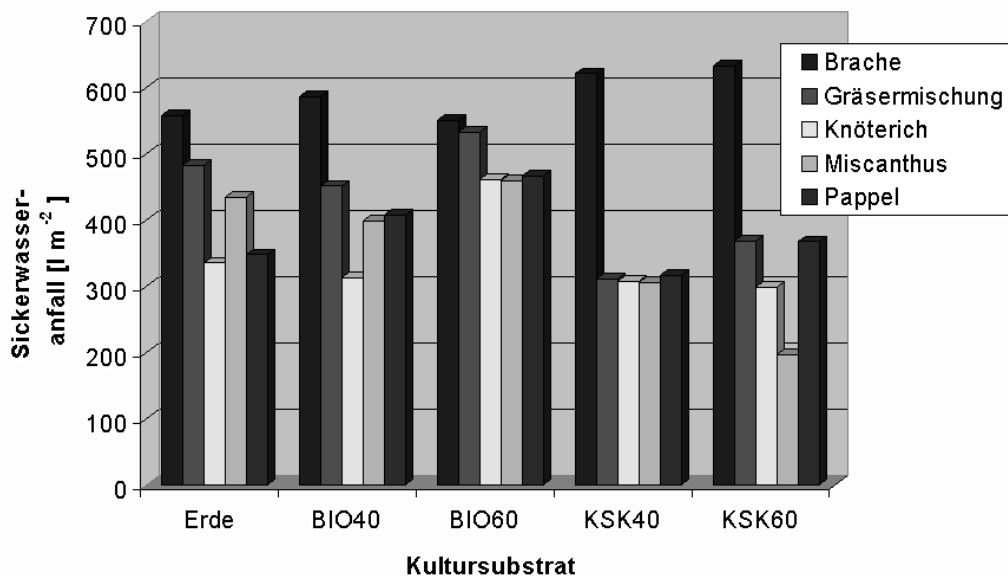


Abb.1: Sickerwasseranfall [mm] m² bei unterschiedlichen Fruchtarten-Vegetationsdecken und Kultursubstraten in vier hydrologischen Jahren (1996-1999)

Die Befruchtung des Sickerwassers wies bei den Kompostvarianten wesentlich höhere Salzgehalte auf. Die höchsten Werte wurden in der Biokompostvariante 60 gemessen. Im Verlauf der Zeitreihe kam es aber zu einer deutlichen Abnahme (Analysegehaltswerte nicht angeführt).

Möglichkeiten zur Deckung des Energiebedarfs einer Zuckerfabrik aus nachwachsenden Rohstoffen

Cord Linnes & Nicol Stockfisch*

Einleitung

Die Diskussion um den Klimawandel und CO₂-Emissionen ist seit langem eines der wichtigsten Themen unserer Zeit. Nach KALTSCHMITT et al. (2003) ist die Energiegewinnung aus Biomasse eine Möglichkeit, die im Rahmen internationaler Klimaschutzbemühungen angestrebten Reduktionen der anthropogenen CO₂-Emissionen zu erreichen. Dabei ist ein wirtschaftlicher Anreiz durch die Förderung der energetischen Biomassenutzung gegeben. Für einzelne Industriezweige kommen verschiedene Rohstoffe in Frage. Zur Abschätzung einer möglichen energetischen Nutzung verfügbarer nachwachsender Rohstoffe in einer Zuckerfabrik wird eine moderne, energieoptimierte Modellfabrik mit ihrem Einzugsgebiet betrachtet.

Material und Methoden

Die tägliche Verarbeitungskapazität der Modellfabrik beträgt 12.000 t Rüben und die Kampagnedauer 95 Tage, woraus sich eine verarbeitete Rübenmenge von 1.140.000 t a⁻¹ ergibt.

Der spezifische Energiebedarf der Zuckerfabrik beträgt 290 kWh t⁻¹ Rüben, was zu einem Ganzjahresenergiebedarf inklusive Schnitzeltrocknung von 330.600 MWh a⁻¹ bzw. von 1.190.160 GJ a⁻¹ führt. Ohne Trocknung der Rübenschnitzel sinkt der spezifische Energiebedarf auf 220 kWh t⁻¹ Rüben, woraus ein Jahresenergiebedarf von 902.880 GJ a⁻¹ resultiert.

Das Einzugsgebiet der Modellfabrik umfasst die Fläche, aus der die Zuckerfabrik mit Rüben versorgt wird und aus der nachwachsenden Rohstoffen bereitgestellt werden können (Tab. 1).

Nachwachsende Rohstoffe lassen sich über die Verbrennung in einem Blockheizkraftwerk oder die Vergärung in einer Biogasanlage energetisch nutzen.

Tab. 1: Flächenanteile der Feldfrüchte im Einzugsgebiet der Modellfabrik

	Fläche in ha
Rüben	19.000
Getreide	50.667
Raps	6.333
Stilllegungsfläche	8.444
Gesamt	84.444

Zur Verbrennung geeignet:

- Pappeln/Weiden, Getreideganzpflanzen, Miscanthus (auf Stilllegungsflächen anbaubare Energiepflanzen)
- Raps- und Getreidestroh (Koppelprodukte der landwirtschaftlichen Produktion)
- Rübenschnitzel (Koppelprodukt der Zuckerproduktion)

Zur Vergärung geeignet:

- Gras- und Maissilage (auf Stilllegungsflächen anbaubare Energiepflanzen)
- Rübenblatt (Koppelprodukt der landwirtschaftlichen Produktion)
- Melasse, Rübenpressschnitzel (Koppelprodukte der Zuckerproduktion)

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

Ergebnisse und Diskussion

Die als Energiepflanzen anbaubaren Rohstoffe erzielen die höchsten Brutto- und Nettoenergiegewinne von z. T. über 200 GJ ha⁻¹ (Abb. 1).

Abb. 2 verdeutlicht, dass die Koppelprodukte der landwirtschaftlichen bzw. der Zuckerproduktion auf Grund ihrer verfügbaren Menge ebenfalls genügend Energie bereitstellen können, um den Jahresenergiebedarf der Modellfabrik zu decken. Dabei liefern allein die bei der Zuckerproduktion anfallenden Substrate Energie über den Bedarf der Fabrik hinaus, so dass eine energieautarke Zuckerproduktion theoretisch möglich ist.

Die Deckung des Energiebedarfs einer Zuckerrübenfabrik mit nachwachsenden Rohstoffen ist demnach aus energetischer Sicht problemlos zu realisieren. In Abhängigkeit vom eingesetzten Rohstoff ergeben sich weiterführende Möglichkeiten zur Minderung der CO₂-Emissionen der Modellfabrik von bis zu 90 %.

Aus technischer Sicht schränkt die geringe Energiedichte nachwachsender Rohstoffe deren Einsatz in einer Zuckerfabrik stark ein. Es ist jedoch denkbar, den Energiebedarf zumindest anteilig über die Energiequelle nachwachsende Rohstoffe zu decken. Dabei sollten weitere Eigenschaften der Rohstoffe berücksichtigt werden. Beispielsweise fallen die Koppelprodukte der Zuckerproduktion zeitgleich mit dem Hauptenergiebedarf der Zuckerfabrik an und könnten aus der Produktion direkt in die energetische Verwertung überführt werden. Dagegen müssten Energiepflanzen zur Fabrik transportiert und aufbereitet werden.

Literatur

Kaltschmitt, M.; Merten, D.; Fröhlich, N.; Nill, M. (2003): Energiegewinnung aus Biomasse. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 "Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit" Springer Berlin, Heidelberg.

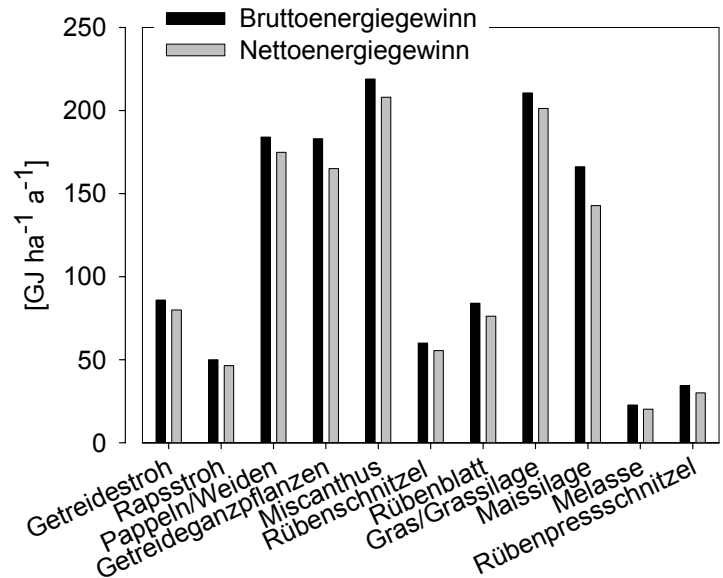


Abb. 1: Energiegewinn aus nachwachsenden Rohstoffen (Nettoenergiegewinn berücksichtigt Energieaufwand für Anbau und Ernte)

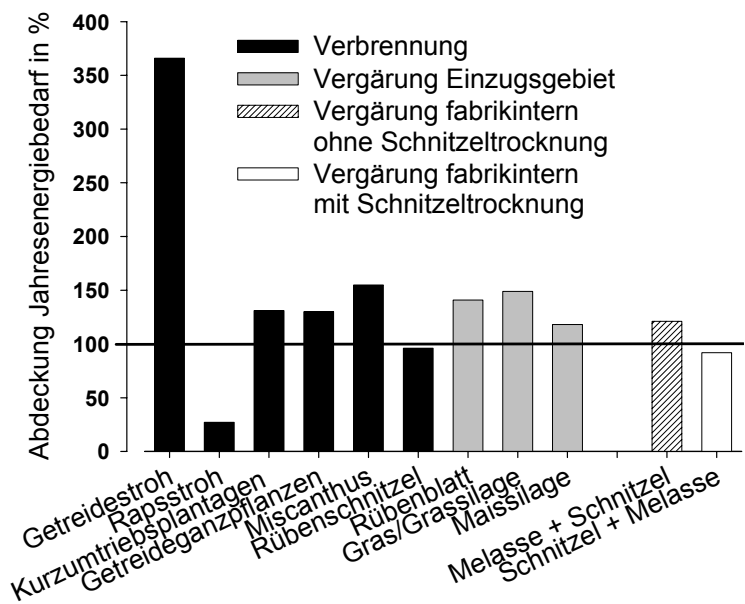


Abb. 2: Theoretische Abdeckung des Jahresenergiebedarfs der Modellfabrik aus nachwachsenden Rohstoffen

Abschätzung des Gehaltes wertgebender Inhaltsstoffe von Sonnenblumensaat – Untersuchung gemahlener und intakter Achänen mit der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

C. R. Moschner und B. Biskupek-Korell *

Einleitung

Neben der Stabilisierung der Ertragssicherheit von high oleic (HO)-Sonnenblumen in Deutschland ist eine verlässliche Erfassung der verschiedenen Sonnenblumenqualitäten unabdingbar, um eine optimale Verwertung und Wertschöpfung im *food* sowie *non-food* Bereich zu realisieren.

Hierfür bietet sich nach erfolgreicher Kalibration die Abschätzung der wertgebenden Inhaltsstoffe von Sonnenblumensaat mit der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) an, deren Vorteile in der enormen Schnelligkeit sowie der einfachen und simultanen Untersuchung vieler Inhaltsstoffe und Eigenschaften liegen.

Ziel der bisherigen Untersuchungen war es, die Entwicklung von praxistauglichen und leistungsfähigen NIRS-Kalibrationen sowohl für gemahlene als auch für intakte Achänen vorzunehmen, welche die unterschiedlichen Parameter (wie z.B. Fettsäurespektrum, Öl- und Proteingehalt) mit hinreichender Genauigkeit - aber zeit- und kostensparender als die herkömmlichen Referenzverfahren - erfassen.

Material und Methoden

Für die Entwicklung und Erweiterung der bisherigen NIRS-Kalibrationen stand eine breite Probenbasis an Sonnenblumensaat zur Verfügung, in der verschiedene Sorten (öl- bzw. linolsäurereiche Varianten), verschiedener Erntejahre und Standorte repräsentiert sind. Da jedoch noch nicht alle Untersuchungen zur momentanen Kalibrationserweiterung abgeschlossen sind, beziehen sich die folgenden Daten nur auf die HO-Proben des Erntejahres 2002. Sowohl gemahlene als auch intakte Achänen wurden nahinfrarotspektroskopisch untersucht. Für die Vermahlung wurde ein durch Biskupek-Korell (2004) entwickeltes Vermahlungsprotokoll angewendet, durch das die Bildung von Agglomeraten herrührend durch die Zerstörung der Ölkörper sowie Erwärmung der Probe weitestgehend verhindert werden konnte.

Es kamen zwei Spektrometer des Typs NIRSystems 6500 der Firma FOSS zum Einsatz, die sich nur im System der Probenzuführung unterschieden.

Für die Kalibrationsentwicklung wurden die Proben referenzanalytisch auf ihre Feuchte- (Trockenschrankmethode), Rohprotein- (Stickstoffbestimmung nach DUMAS) und Ölgehalte (NMR) analysiert sowie die Fettsäurezusammensetzung (GC) bestimmt.

Die Kalibrationsgleichungen für beide Varianten („Gemahlene Saat“ und „Ganzkorn“) wurden mit Hilfe der Software WinISI II (Infrasoft International) unter Verwendung der 2. Ableitung (2,10,10,1), MPLS-Methode und Nutzung des Algorithmus SNV / detrend auf Vollspektrenbasis (1100-2500 nm) erstellt und mit den unabhängigen Validationsproben überprüft. Hierbei setzten sich die Kalibrations- und Validationssets aus dem identischen Probensatz zusammen, um einen Vergleich beider Methoden zu ermöglichen.

Fachhochschule Hannover, Fachbereich Bioverfahrenstechnik, Fachgebiet Produktion Nachwachsender Rohstoffe, Heisterbergallee 12, D-30453 Hannover

Ergebnisse und Diskussion

Die im Rahmen dieser Studie erzielten Resultate sprechen deutlich für die Eignung der Nahinfrarotspektroskopie zur Abschätzung des Gehaltes wertgebender Inhaltsstoffe wie z.B. des Ölsäure- und Stearinsäuregehaltes an gemahlener und intakter Sonnenblumensaat.

In folgender Tabelle sind die Validationsergebnisse für die Parameter Protein- und Ölgehalt, sowie Anteil an Ölsäure und Stearinsäure aufgezeigt.

Tab. 1: Ergebnisse und statistische Parameter der Validation „Ganzkorn“ vs. „Gemahlene Saat“, NIRSystems 6500, MPLS-Methode, (Moschner 2003)

Parameter	"Ganzkorn"			"Gemahlene Saat"		
	SEP	SEP(C)	R ²	SEP	SEP(C)	R ²
Protein	0,72	0,74	0,77	0,34	0,35	0,95
Ölgehalt	0,68	0,67	0,83	0,62	0,64	0,90
Ölsäure	0,96	0,99	0,81	0,52	0,54	0,94
Stearinsäure	0,22	0,20	0,94	0,17	0,17	0,95

SEP = Standardfehler der Vorhersage [*standard error of prediction*]

SEP(C) = SEP korrigiert um den systematischen Fehler

Auch wenn die Genauigkeit der „Ganzkorn-Variante“ nicht mit derjenigen gemahlener Proben vergleichbar ist, reicht sie jedoch für viele Anwendungsgebiete aus und weist einige Vorteile auf: Neben der erheblichen Arbeitseinsparung durch Wegfall der Vermahlung und der Küvettenreinigung ermöglicht sie dem Anwender, das Material nach der zerstörungsfreien Messung weiterhin zu verwenden.

Die guten Kalibrationsergebnisse des ebenfalls in unseren Untersuchungen verwendeten Gerätes Infratec 1241 wurden hier nicht aufgeführt, um einen geräteunabhängigen Vergleich der verschiedenen Probenpräsentationen aufzuzeigen.

Das Ziel künftiger Untersuchungen ist unter anderem die Einbeziehung weiterer Qualitätsparameter wie z.B. Anteil freier Fettsäuren, sowie die Kalibriererweiterung hinsichtlich neuer Proben verschiedener Erntejahre, Standorte und Sorten, um durch die zusätzliche Variabilität robuste und leistungsfähige NIRS-Kalibrationen zu erhalten. Diese Weiterentwicklungen führen zu einem universellen Nutzen für den gesamten Personenkreis, der sich mit Anbau, Vermarktung und Züchtung von Sonnenblumen befasst, um die Qualität der Saat auf eine möglichst schnelle und kostengünstige Art zu ermitteln.

Literatur

Biskupek-Korell, B.; Rauscher, P.; Eidner, S., 2004: Entwicklung einer NIRS-Kalibration zur Bestimmung des Ölsäuregehalts an vermahlener Sonnenblumensaat als qualitätssichernde Maßnahme bei Vermarktung und Verarbeitung von High-Oleic-Sonnenblumen. In: UFOP-Schriften, Jg. 2004, in Vorbereitung.

Moschner, C. R., 2003: Abschätzung des Gehaltes wertgebender Inhaltsstoffe von Sonnenblumensaat mittels Nahinfrarotspektroskopie. Diplomarbeit aus dem FB Bioverfahrenstechnik der FHH <http://www.fh-hannover.de/imperia/md/content/zentral/forschung/berichte/nirs-diplom.pdf>.

Regeneration von Hanf (*Cannabis sativa* L.) nach Hagelschlag

U. Schulz, V. Naumenko, E. Grimm & W. Diepenbrock*

Einleitung

Die Studie geht auf die Regeneration von Faserhanf nach Hagelschlag während des vegetativen Wachstums ein. Es werden zwei im Bestand dominierende Regenerationstypen beschrieben. Eigenschaften von Stängelfasern geschädigter, regenerierter Pflanzen werden mit denen ungeschädigter Pflanzen verglichen.

Material und Methoden

Das Untersuchungsmaterial stammte aus einem Praxisfeldversuch mit insgesamt 4 Faserhanfsorten in 6 Großparzellen auf einer Fläche von ca. 9,6 ha am Standort Zichtau (nördliches Sachsen-Anhalt, N 52°36', O 11°18'). Die Bestandesführung entsprach der dem Standort angepassten Produktionspraxis: Aussaat am 7. Mai, Saatstärke = 300 kK·m⁻², N-Versorgung = 115 kg ha⁻¹ in zwei Gaben. In der vegetativen Wachstumsphase (20. Juni) kam es zu einer Schädigung der Bestände durch starken Hagelschlag. Zur Untersuchung von Regenerationstypen und deren Fasereigenschaften wurden Pflanzen einer Sorte (Fedora 17) in Handernte aus Teilparzellen von 4 m² am 29. August entnommen. Dies erfolgte durch Abschneiden der Pflanzen in Bodenhöhe in 2 oder 4 x 1 m fortlaufende Saatreihen. Die Teilparzellen waren so angeordnet, dass sie sowohl überwiegend ungeschädigte Pflanzen (Oberhanf/Unterhanf: 58,2%/78,2%) bzw. geschädigte Pflanzen (87,8%/12,3%) enthielten. Regenerationstypen einhäusiger Oberhanfpflanzen wurden klassifiziert und einer Analysen der Fasereigenschaften unterzogen. Hierzu wurden Fasern von jedem Pflanzentyp aus basalen und apikalen Stängelproben mit Hilfe eines Laborflachsbrechers (BLFB Flaksy, Bahmer-Maschinenbau, Steinheim-Söhnstetten) isoliert. Die Feinheiten der nach elf Maschinendurchläufen erhaltenen Filamente, hier als Fasern bezeichnet, 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.

Die Messdaten wurden nach Wertetransformation (dritte Wurzel) mit Hilfe von SAS 8.2 (SAS Institute Inc., Cary, USA) einer Varianzanalyse unterworfen. Dargestellt sind die retransformierten Mittelwerte, signifikante Unterschiede werden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Tab. 1).

Ergebnisse und Diskussion

Pflanzen, deren Sprossachsen als Folge des Hagelschlags vollständig durchtrennt waren, trieben am nächstgelegenen Knoten unterhalb der Schadstelle unter Bildung von zwei Seitenachsen aus (Typ B). Bei einer partiellen Beschädigung der Sprossachse kam es zum Wachstum der in weitem Bogen gekrümmten Hauptachse ohne Verzweigung (Typ C). Im Vergleich zur Kontrolle (Typ A) waren Feinheit und Querschnittsfläche der Fasern aus geschädigten Pflanzen deutlich verändert (Tab. 1): Erhöhte Feinheiten und vergrößerte Querschnittsflächen kennzeichnen gröbere Fa-

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06099 Halle (Saale)

sern, die stets für basale, teilweise auch für apikale Stängelabschnitte nachweisbar waren. Einbußen in der Zugfestigkeit waren im Test bei einer Einspannlänge von 2 mm (Belastung aller Zellwandschichten) nicht festzustellen (nicht dargestellt). Bei längerer Einspannlänge (50 mm, Bruch entlang der Mittellamellen) zeigten Fasern aus basalen Abschnitten geschädigter Pflanzen einen leichten Anstieg der Zugfestigkeit (nicht dargestellt). Diese Tendenz spiegelt sich auch in den spezifischen Zugfestigkeiten wider (Tab. 1) und weist auf Verstärkungen der Fasern nach der Schädigung hin. Im Gegensatz zur Kontrolle (Typ A) sind in geschädigten Pflanzen (Typ B, C) keine Unterschiede zwischen basalen und apikalen Fasern für die Merkmale Zugfestigkeit und E-Modul festzustellen. Die Höchstzugkraftdehnung war in allen untersuchten Proben gleich (nicht dargestellt).

Tab. 1: Eigenschaften von Fasern aus basalen und apikalen Stängelanschnitten von Kontrollpflanzen (Typ A) und geschädigten Pflanzen (Typ B, C).

Pflanzentyp, Stängelabschnitt	<i>n</i>	Feinheit (tex)	Querschnittsfläche (mm ²)	Spezifische Zugfestigkeit (cN tex ⁻¹)	E-Modul (GPa)
A basal	156	7,6 bc	0,012 bc	22,4 b	8,2 c
A apikal	158	7,0 c	0,010 c	25,5 ab	10,5 ab
B basal	120	10,4 a	0,018 a	28,3 a	10,4 ab
B apikal	120	9,2 ab	0,013 bc	27,1 ab	11,6 a
C basal	120	10,8 a	0,023 a	28,9 a	8,6 c
C apikal	118	8,2 bc	0,014 b	26,1 ab	9,5 bc

Aus apikalen Sprossabschnitten ließen sich bei Typ A und B Fasern leichter isolieren als aus basalen. Im Fall von Typ C war die Isolierbarkeit der apikalen Fasern identisch mit der der basalen. Außerdem stieg der Anteil isolierbarer Fasern im basalen Spross des Typs C im Vergleich zu Kontrollpflanzen leicht an (nicht dargestellt).

Hanf besitzt offensichtlich auch nach schwerer Beschädigung der Sprossachse eine gute Regenerationsfähigkeit. Merkmale wie erhöhte Zugfestigkeiten und Fasergehalte weisen auf Verbesserungen, verminderte Isolierbarkeit und erhöhte Feinheit auf qualitative Einbußen bei geschädigten Pflanzen hin.

Nutzung optischer Fernerkundungsmethoden zur Bestimmung des Blattflächenindex von Zuckerrüben

Markus Blomberg & Christa Hoffmann*

Einleitung

Fernerkundung wird zunehmend genutzt, um mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen und bildgebenden Verfahren flächendeckende Informationen über landwirtschaftliche Nutzung oder speziell über einen Bestand zu gewinnen. Ein großer Vorteil liegt darin, dass dies ohne eigentliche Probenahme, also nicht-destruktiv, geschehen kann (Clevers 1988). Voraussetzung ist jedoch, dass es eine enge Beziehung zwischen Blattparametern der Pflanzen und den Fernerkundungsdaten gibt. Ziel der Untersuchungen war es, mit Hilfe multispektraler Aufnahmen Unterschiede in Zuckerrübenbeständen zu erfassen und herauszufinden, inwieweit diese Aufnahmen die Ergebnisse einer tatsächlichen Probenahme bei Zuckerrüben widerspiegeln. Weiterhin wurde untersucht, ob man aus den Ergebnissen während der Vegetation Rückschlüsse auf den Ertrag von Zuckerrüben im Herbst ziehen kann.

Material und Methoden

In den Jahren 2001 und 2002 wurden zahlreiche Versuchsfelder in der Nähe von Göttingen überflogen, auf denen durch Variation der Anbaumaßnahmen (N-Düngung, Bodenbearbeitung, Bodenverdichtung, Sorten, Aussattermin, Herbizidschaden, Unkraut, Bestandesdichte, Nematoden, Rhizoctonia) gezielt heterogene Bestände erstellt waren.

Der Blattflächenindex als wichtigster Parameter, um die photosynthetisch aktive Blattfläche zu charakterisieren, wurde zu 2 Terminen (Ende Juni und September) manuell bestimmt (Licor, LAI 2000). Die dabei gewonnenen Daten wurden anschließend mit den in den parallel durchgeführten Überfliegungs-aufnahmen gewonnenen NDVI-Daten in Bezug gesetzt. Der Vegetationsindex NDVI gibt das Verhältnis der Reflexion im nah-infraroten sowie roten Wellenlängenbereich an:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{ROT}) / (\text{NIR} + \text{ROT}).$$

Um das Verhältnis von Blatt- und Rübenertrag während der Vegetation zu bestimmen, wurden Zwischenernten durchgeführt. Des Weiteren wurden Ertrag und Qualität der Zuckerrüben zur Endernte bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Es wurde eine Überfliegung im Zeitraum des Bestandesschlusses im Juni und eine später in der Vegetation im September durchgeführt, zu denen jeweils Blattflächenindex und NDVI bestimmt wurden (Abb. 1). In Folge der unterschiedlichen Anbaumaßnahmen und der Entwicklung in der Vegetation variierte der Blattflächenindex von 0,5 bis 8 m² m⁻², der NDVI von 0,2 bis 0,8. Es gab eine enge Beziehung zwischen diesen beiden Parametern, die sich mit einer Sättigungsfunktion beschreiben ließ. Bis zu einem Blattflächenindex von 3,5–4 stieg der NDVI steil an, bei höheren Blattflächenindices war keine Differenzierung des NDVI mehr zu erkennen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der NDVI gut geeignet ist, um Unterschiede in Zuckerrübenbeständen zum Bestandesschluss wiederzugeben (Hoffmann & Blomberg 2004).

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

Nach Scott & Jaggard (1978) ist eine hohe Absorption der Einstrahlung die entscheidende Voraussetzung für hohe Zuckerrübenenerträge. Die höchstmögliche Produktivität eines Zuckerrübenbestandes wird mit einem Blattflächenindex von 3 bis 4 erreicht (Röver 1994). Wenn Zuckerrüben diesen optimalen Blattflächenindex überschritten haben, ist auch eine weitere Differenzierung im NDVI nicht unbedingt notwendig, da eine Erhöhung des Blattflächenindexes nicht mehr ertragswirksam wird.

Es konnte keine Beziehung zwischen Blattflächenindex bzw. NDVI im Sommer und Rübenenertrag zur Ernte im Herbst festgestellt werden (Abb. 2), unabhängig vom Zeitpunkt der Überfliegung. Die Beziehung zwischen Blattertrag und Rübenenertrag war sehr variabel, so dass es nicht möglich war, über die Blattmasse auf den Rübenenertrag zu schließen. Um von der Bestandesentwicklung im Juni auf den Ertrag im Oktober schließen zu können, ist die Einbeziehung von Simulationsmodellen notwendig, die den Einfluss der Witterung auf die Ertragsbildung berücksichtigen.

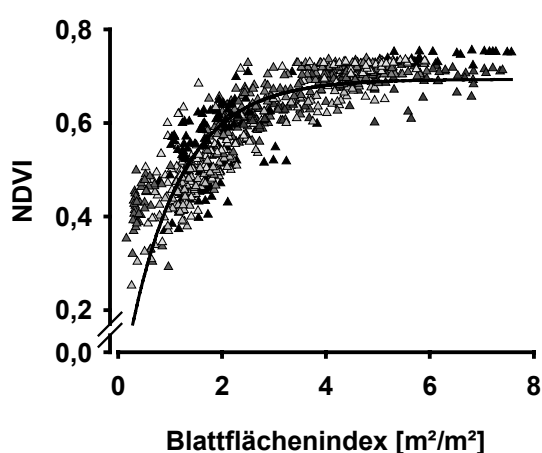


Abb. 1: Beziehung zwischen Blattflächenindex und NDVI bei Zuckerrüben, 15 Versuche in 2001 und 2002

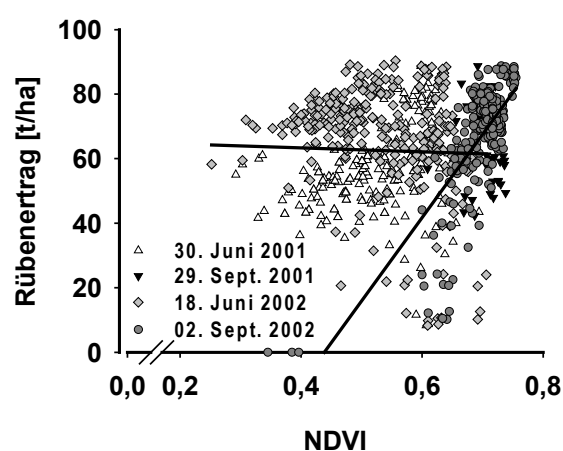


Abb. 2: Beziehung zwischen NDVI im Sommer und Rübenenertrag im Oktober bei Zuckerrüben, 15 Versuche in 2001 und 2002

Literatur

- Clevers, J.G.P.W. 1988: The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index. *Remote Sensing Environ.* 25: 53-69.
- Hoffmann, C.M. & M. Blomberg, 2004: Estimation of leaf area index of *Beta vulgaris* L. based on optical remote sensing. *J. Agronomy & Crop Science* 190: 197-204.
- Röver, A. 1994: Lichtabsorption und Ertrag in Abhängigkeit vom Blattflächenindex bei Zuckerrüben. *Zuckerind.* 119: 664-670.
- Scott, R.K. & K.W. Jaggard, 1978: Theoretical criteria for maximum yield. *Berichte des 41. IIRB-Winterkongresses, Brüssel*, 179-198.

Modellierung teilflächenspezifischer Ertragsvariabilität in Mais am Beispiel des Schlags „Hoher Markstein“

Simone Graeff, Johanna Link und Wilhelm Claupein*

Einleitung

Nahezu alle landwirtschaftlich genutzten Flächen weisen boden- oder reliefbedingt kleinräumige Unterschiede auf, die neben der eigentlichen Bewirtschaftungsweise zur heterogen aufgebauten Pflanzenbeständen führen können. Im Sinne einer nachhaltigen Landbewirtschaftung werden Managementsysteme und Technologien gesucht, die eine räumlich differenzierte Boden- und Bestandesführung ermöglichen. Auf dem Gebiet der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung gibt es von technischer Seite umfangreiche Angebote der Landmaschinenindustrie, die eine räumlich differenzierte Bewirtschaftung ermöglichen. Bislang fehlen jedoch pflanzenbauliche Entscheidungsregeln, die auftretende Standortunterschiede bei Maßnahmen wie Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung etc. berücksichtigen.

In den letzten Jahren haben sich im Precision Farming Forschungsansätze basierend auf dem Einsatz von Pflanzenwachstumsmodellen für die Analyse des komplexen Wirkungsgefüges biotischer und abiotischer Faktoren und darauf aufbauend für die Erarbeitung gezielter Managementkonzepte bewährt. Pflanzenwachstumsmodelle integrieren neben Klima und Managementdaten alle für das Pflanzenwachstum relevanten Parameter an einem Standort, berechnen mögliche Interaktionen und zeigten potentielle Lösungsmöglichkeiten für standortoptimierte Produktionssysteme auf. Zielsetzung des Projektes war daher die Modellierung teilflächenspezifischer Ertragsvariabilität in Mais und basierend auf dem Pflanzenwachstumsmodell DSSAT 4.0 die Erarbeitung teilflächenspezifischer Managementkonzepte.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (48° 44' N, 8° 56' E; 687 mm, 7.9 °C) wurde über drei Jahre (2001-2003) auf dem Schlag „Hoher Markstein“ ein Feldversuch zur Bestimmung möglicher ertragslimitierender Faktoren unter Mais durchgeführt. Mais der Sorte Arsenal wurde je Ende April bzw. Anfang Mai mit einer Saatkichte von 90.000 Pflanzen pro m² ausgesät und Mitte September als Silomais geerntet. Im Verlauf der Vegetationsperiode wurden einzelne Pflanzenparameter (Biomasse über Zeiternten, Nährstoffkonzentrationen) sowie Bodenparameter (Bodenart, Nährstoffgehalte, pH-Wert, Bodenwassergehalt) in Grids von 2 x 2 m über eine Gesamtversuchsfläche von 500 m² erhoben. Die erhobenen Pflanzenparameter sowie Ertrags- und Bodendaten wurden zur Kalibrierung des Modells DSSAT 4.0 (Jones et al. 2003) herangezogen und über die Modellierung eine Abschätzung möglicher ertragslimitierender Faktoren getroffen. Basierend auf der Modellierung wurden pflanzenbauliche Managementstrategien zur Minimierung der räumlichen Ertragsvariabilität entwickelt.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt für den Schlag „Hoher Markstein“ die Variabilität im volumetrischen Wassergehalt und Bodenstickstoff sowie die resultierenden Silomaiserträge in den einzelnen Transektbereichen. Entsprechend den Unterschieden im Silomaisertrag wurde der Schlag in einzelne Transektbereiche unterteilt und die erhobenen Pflanzen

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

und Bodenparameter miteinander korreliert. Teilflächenspezifische Unterschiede in den einzelnen Bodenparametern korrelierten jedoch nicht mit Unterschieden in der Biomasse bzw. im Silomaiserertrag. Für die Identifizierung komplexer Interaktionen zwischen Boden- und Pflanzenparametern wurde das Modell DSSAT 4.0 eingesetzt.

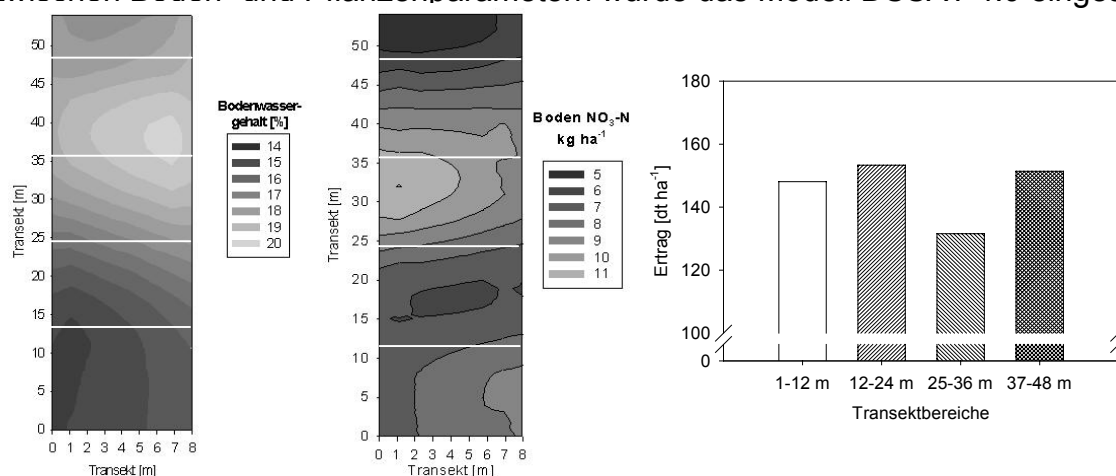


Abb. 1: Volumetrischer Bodenwassergehalt [%] und Boden-Stickstoffgehalt $\text{NO}_3\text{-N}$ [kg ha^{-1}] für den Schlag Hoher Markstein, gemessen in einem 2×2 m Raster in einer tiefe von 0-30 cm Mitte Juni sowie korrespondierender Silomaiserertrag in den einzelnen eingezeichneten Transektbereichen.

Die Ergebnisse der Modellierung zeigten, dass Stickstoff und Wasser (Abb.2) auf dem Schlag wichtige wachstumslimitierende Faktoren waren und insbesondere im Transekt 3 zu den gemessenen Ertragseinbußen führten. Wie Abb 2b zeigt, könnte eine Bewässerung, sofern ökonomisch sinnvoll, zu einem gesteigerten Ertrag in Transekt 3 führen.

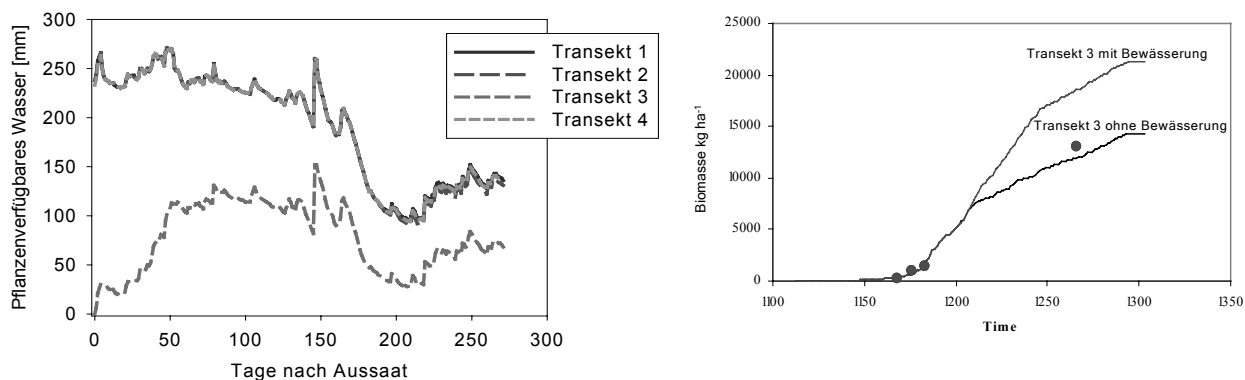


Abb 2a/b: Pflanzenverfügbares Wasser [mm] im durchwurzelbaren Horizont der vier Transekte über die Vegetationsperiode sowie Simulation des Ertrages in Transekt 3 mit und ohne Bewässerung.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass mittels Pflanzenwachstumsmodellen ertragslimitierende Faktoren identifiziert und darauf aufbauend teilflächenspezifische Managementstrategien entwickelt werden können, die in weiteren Untersuchungen validiert werden müssen.

Literatur

Jones, J.W., G. Hoogenboom, C. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P. Wilkens, U. Singh, A. Gijsman, & J.T. Ritchie, 2003. DSSAT Cropping System Model. *Europ. J. Agron.* 18:235-265.

Zusammenhang zwischen sonnenlicht-induzierter Chlorophyll-Fluoreszenz und der Effizienz der CO₂-Fixierung in Nutzpflanzenbeständen

Claudia Idelberger & Ewald Sticksel

Einleitung

Pflanzen leiten die absorbierte photosynthetisch aktive Strahlung als chemische Arbeit, Wärme oder Fluoreszenzlicht weiter. Daraus folgt, dass die Intensität der Chlorophyll-Fluoreszenz mit zunehmender Effizienz der CO₂-Fixierung abnimmt (BUSCHMANN, 1994). Auf dieser Grundlage wird versucht, die Chlorophyll-Fluoreszenz zur Bestimmung der Photosyntheseeffizienz und damit der aktuellen Stresssituation eines Pflanzenbestandes zu nutzen.

Material und Methoden

Mit einem handgehaltenen Spektrometer (Tec5, Oberursel) wurden sequentiell Rückstrahlung und Sonneneinstrahlung in verschiedenen Pflanzenbeständen im Tagesgang gemessen. Aus diesen Daten wurde die sonnenlicht-induzierte Chlorophyll-Fluoreszenz (CF) nach MAIER et al. (2003) berechnet. Durch Quotientenbildung mit dem Ratio Vegetation Index (RVI) wurde die CF pro Biomasse (CF/RVI) dargestellt. Die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) wurde mit einem LI-COR 6400 gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die CF war positiv mit der photosynthetisch aktiven Strahlung korreliert (Abb. 1). Hochgedüngte Bestände mit hohem Chlorophyllgehalt (2,14 mg g⁻¹) fluoreszierten eindeutig stärker als niedriggedüngte Bestände mit niedrigem Gehalt an Chlorophyll (1,39 mg g⁻¹).

Dabei lag das Niveau der auf die Biomasse normierten CF (CF/RVI) für Bestände mit niedrigem Biomasseertrag über dem von Beständen mit hohen Erträgen (Abb. 2). Auf die Biomasse bezogen, fluoreszierten schwache Bestände eindeutig stärker. Dies lässt den Schluss zu, dass die schwächeren Bestände eine niedrigere Photosyntheseeffizienz betrieben als die gut versorgten Bestände, die – bezogen auf die Biomasse - weniger fluoreszierten.

Die bei niedrigem Sonnenstand unbedeutende Differenzierung der CF/RVI zwischen schwachen und starken Beständen wurde vermutlich durch die unterschiedlichen Bestandesstrukturen bzw. -oberflächen verursacht (Abb. 2). Deswegen werden Messungen zwischen ca. 10 und 16 Uhr als aussagekräftiger angesehen als die Morgen- und Abendmessungen.

Diese Ergebnisse lassen auf unterschiedliche Photosyntheseeffizienzen bei stark und schwach entwickelten Beständen schließen. Daraus lassen sich Anwendungsmöglichkeiten der sonnenlicht-induzierten Chlorophyll-Fluoreszenz bei der Bearbeitung pflanzenphysiologischer Fragestellungen ableiten.

* Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung, Technische Universität München, Am Hochanger 2, 85354 Freising-Weihenstephan

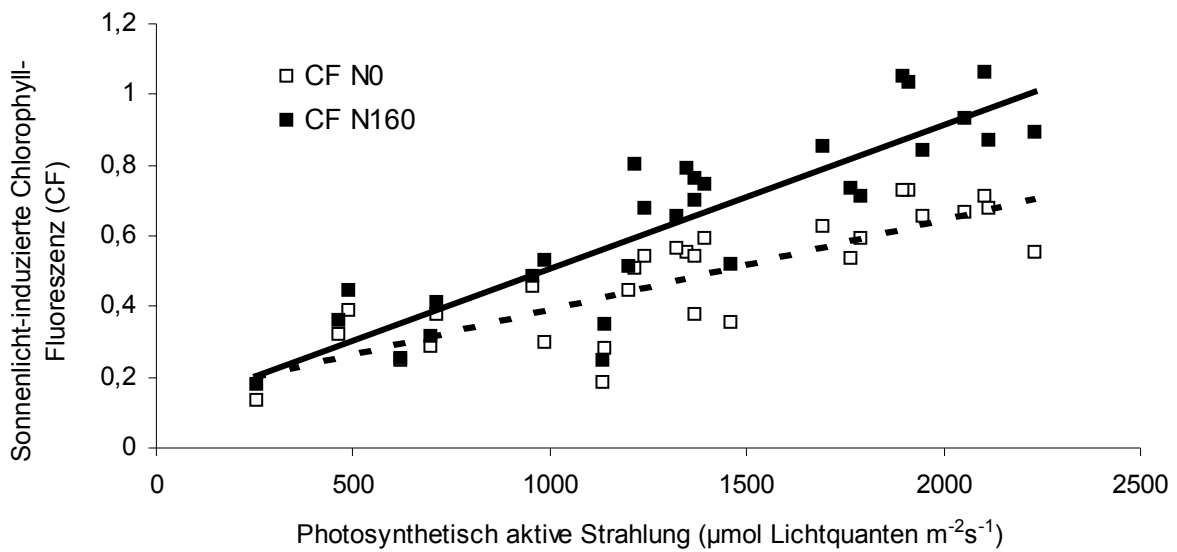


Abb. 1: Zusammenhang zwischen CF/RVI und PAR bei Kartoffel ('Selma') in Abhängigkeit von der N-Versorgung (N₀: ohne N; N₁₆₀: 160 kg N ha⁻¹).

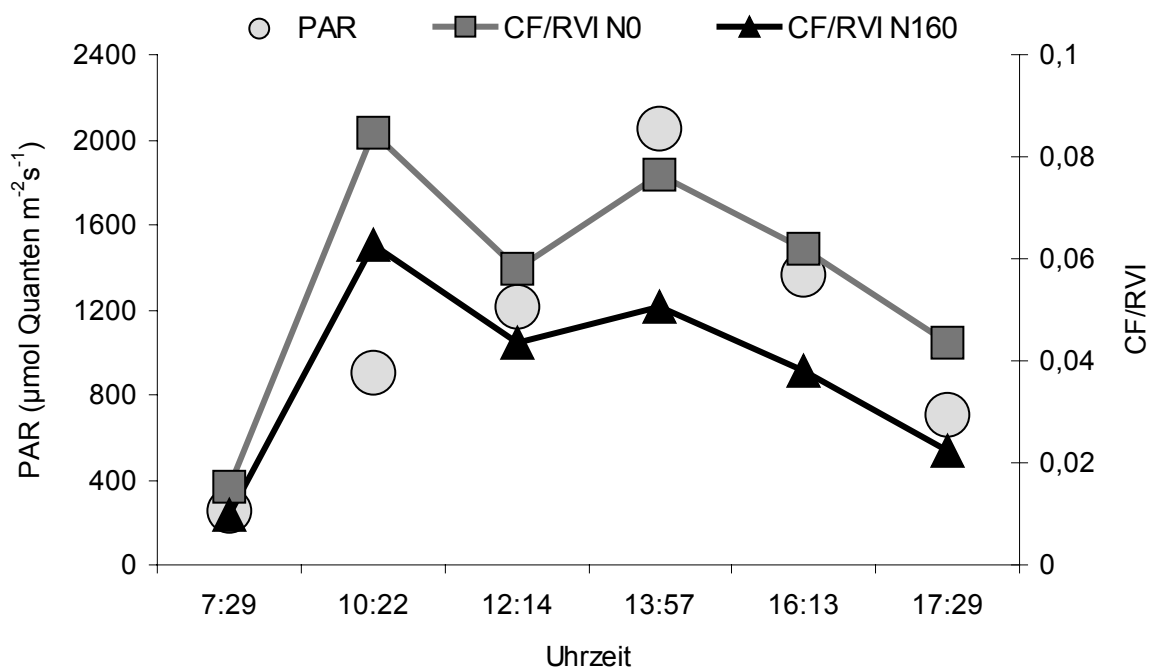


Abb. 2: Tagesgang der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) und der CF/RVI bei Kartoffel ('Selma') in Abhängigkeit von der N-Düngung (30. Juli 2003).

Literatur

Maier, S. W.; K. P. Günther und M. Stellmes (2003): Sun-induced fluorescence: a new tool for precision farming. Digital Imaging and Spectral Techniques: Applications to Precision Agriculture and Crop Physiology, ASA Special Publication 66: 209-222.
 Buschmann, C. und K. Grumbach (1985). Physiologie der Photosynthese, Springer-Verlag.

Zur Eignung unterschiedlicher Pflanzenparameter für die Ermittlung des teilflächenspezifischen Stickstoffdüngedarfs

Axel Link, Stefan Reusch & Jörg Jasper*

Einleitung

Die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung ist ein wichtiger Baustein des Precision Farming. Ziel ist es, den Pflanzenbestand an jeder Stelle des Feldes optimal mit Stickstoff zu ernähren. Dies setzt eine effiziente Ermittlung des Stickstoffdüngedarfs mit hoher räumlicher Auflösung voraus. Konzepte zur variablen N-Düngung setzen daher zunehmend auf Methoden der Pflanzenanalyse zur Ermittlung des teilflächenspezifischen N-Bedarfs. Hierbei ist zwischen der Nutzung historischer Daten (meist Ertragsdaten) und aktueller Daten (meist Pflanzenparameter, die mit Sensoren vor oder während der Düngung erfasst werden) zu unterscheiden. In den vorliegenden Untersuchungen wurde die Eignung unterschiedlicher Pflanzenparameter für die Ermittlung des teilflächenspezifischen Stickstoffdüngedarfs überprüft.

Material und Methoden

In den Jahren 1999 bis 2001 wurden auf verschiedenen Standorten 31 N-Steigerungsversuche in Winterweizen mit 6 bzw. 7 N-Stufen in vierfacher Wiederholung angelegt. Die N-Aufwandmengen betragen 0 und 380 kg N ha⁻¹. Basierend auf der quadratischen Ertragsfunktion eines jeden Versuchs wurden das ökonomische N-Optimum und der maximal erzielbare Ertrag errechnet.

In 10 Kleinparzellenversuchen mit Winterweizen und Wintergerste (2001 bis 2003) wurde neben der N-Düngung (N-Angebot 0-330 kg N ha⁻¹ bei Weizen und 0-290 kg N ha⁻¹ bei Gerste) auch die Saatstärke variiert (60-360 Körner m⁻² bei Weizen und 60-400 Körner m⁻² bei Gerste). Zum Zeitpunkt der 2. N-Gabe (BBCH 31) und der 3. N-Gabe (BBCH 37/39) wurden die Trockenmasse und der N-Gehalt der oberirdischen Biomasse bestimmt. Zur Ernte wurde der Kornertrag ermittelt. Die optimalen N-Düngermengen wurden für jede Saatstärke auf jedem Standort ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der N-Steigerungsversuche zeigt Abbildung 1.

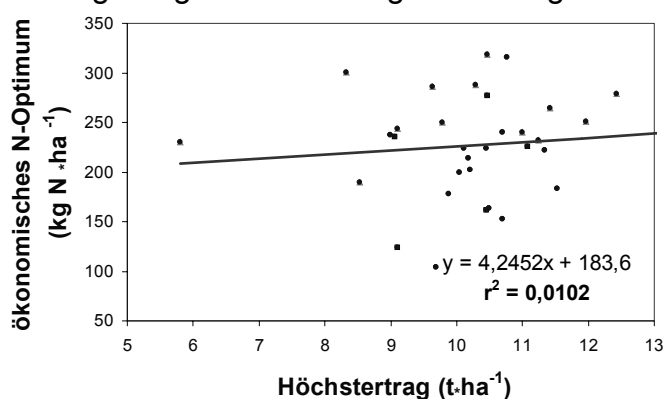


Abb. 1: Beziehung zwischen Ertrag und optimalem N-Aufwand

* Institut für Pflanzenernährung und Umweltforschung Hanninghof, YARA GmbH & Co. KG, Hanninghof 35, 48249 Dülmen

Zwischen der optimalen N-Düngermenge und dem maximal erzielbaren Kornertrag besteht kein Zusammenhang ($r^2=0,01$). In Übereinstimmung mit Welsh et al. (2003) lässt sich hieraus schließen, dass historische, aber auch prognostizierte, Ertragsdaten keine geeignete Basis für eine variable Stickstoffdüngung darstellen.

Die Variabilität eines Standortes zeigt sich nicht nur im Versorgungszustand der Einzelpflanzen, sondern auch in der Entwicklung des Pflanzenbestandes. Die Eignung unterschiedlicher, zum Zeitpunkt der Düngung messbarer Pflanzenparameter zur Ableitung optimaler teilflächenspezifischer N-Mengen wurde daher anhand des zweifaktoriellen Versuchs mit variiertem N-Düngung und Saatstärke geprüft.

Ein Beispiel für die Beziehungen zwischen den untersuchten Pflanzenparametern und der optimalen N-Düngung an einem Standort zum Zeitpunkt des Ährenschiebens zeigt Abbildung 2.

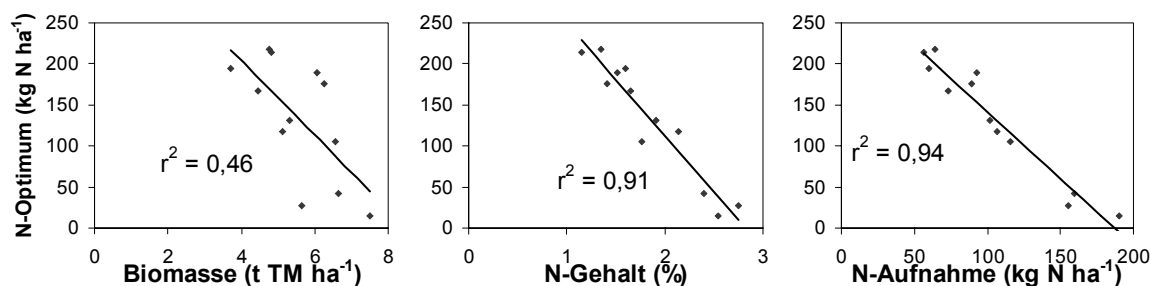


Abb. 2: Beziehung zwischen verschiedenen Pflanzenparametern und N-Optimum zum Zeitpunkt der dritten N-Gabe (BBCH 37/39); Standort 2

Abbildung 3 zeigt die Stärke des Zusammenhanges zwischen den geprüften Pflanzenmerkmalen und der optimalen N-Düngung über alle Standorte und für beide Düngetermine.

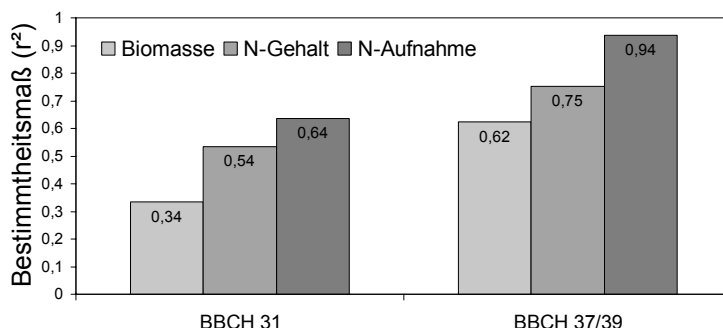


Abb. 3: Stärke der Beziehung zwischen verschiedenen Pflanzenparametern und optimalem N-Aufwand zum Zeitpunkt der 2. und 3. N-Gabe; Mittel aus 10 Versuchen

Die optimale N-Menge lässt sich zur 3. Gabe mit höherer Genauigkeit aus den gemessenen Pflanzendaten ableiten als zur 2. Gabe. Zu beiden Düngeterminen wurde der engste Zusammenhang zur optimalen N-Düngung für die N-Aufnahme, der geringste Zusammenhang für die Biomasse ausgewiesen. Im Vergleich der drei geprüften Pflanzenparameter ist die N-Aufnahme somit die zur Ableitung teilflächenspezifischer N-Düngeempfehlungen am besten geeignete Messgröße. Düngealgorithmen die auf der Biomassebildung des Pflanzenbestandes basieren sind demgegenüber weniger treffsicher und insbesondere zur 2. N-Gabe kaum geeignet.

Literatur

Welsh, J. P.; G. A. Wood, R. J. Godwin, J. C. Taylor, R. Earl, S. Blackmore und S. M. Knight 2003: Developing Strategies for Spatially Variable Nitrogen Application in Cereals, Part II: Wheat. Biosystems Engineering 84(4), 495-511.

Stabilität teilflächenspezifischer Ertragsvariabilität im Oberrheingraben

*Johanna Link, Simone Graeff, Wilhelm Claupein

Einleitung

Die Erträge landwirtschaftlich genutzter Flächen sind in der Regel nicht homogen, sondern unterliegen einer räumlichen und zeitlichen Variabilität. Von besonderer Bedeutung für die landwirtschaftliche Praxis ist die Kenntnis über die Ursachen dieser Ertragsvariabilität, sowie deren zeitliche und räumliche Stabilität, um in Form von angepassten Managementzonen auf die Variabilität in den Schlägen reagieren zu können.

Im Oberrheingraben wurde die Stabilität teilflächenspezifischer Ertragsvariabilität untersucht, mit dem Ziel die Ursachen für die vorliegende teilflächenspezifische Ertragsvariabilität zu ermitteln.

Material und Methoden

Auf drei Praxisschlägen im Oberrheingraben (Landkreis Emmendingen) wurden Untersuchungen zur Stabilität der teilflächenspezifischen Ertragsvariabilität über fünf Jahre durchgeführt.

Die dominierende Bodenart der untersuchten Flächen war schluffiger Lehm mit Bodenzahlen zwischen 80 und 100. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 10° C, der jährliche Niederschlag umfasst 700 mm und die Solarstrahlung liegt bei ca. 11740 KJ/m². Auf den drei Schlägen (I1, I2 und I3) wurde Körnermais unterschiedlicher Sorten von 1998 bis 2002 im Daueranbau kultiviert. Eine Ausnahme war lediglich Schlag I1, auf welchem im Jahr 1998/99 Winterweizen angebaut wurde. Die Bestandesführung vom Mais erfolgte in allen fünf Jahren nach guter fachlicher Praxis unter Berücksichtigung der standortüblichen Gegebenheiten.

Um die Ertragsvariabilität innerhalb der Schläge zu erfassen, wurde eine geocodierte Ertragserfassung mittels differentiellem Globalen-Positionierungs-System durchgeführt. Die geocodierten Ertragsdaten dienten als Grundlage für alle weiteren Auswertungen, wobei insbesondere 30 Grids mit einer Fläche von je 250 m² untersucht wurden. Die Grids wurden entsprechend der im Jahr 2000 angelegten Rasterpunkte (7 Punkte/ha) ausgerichtet. Die Rasterpunkte dienten der gezielten Untersuchung von Bodenparametern, wie P, K, Mg, pH, Humusgehalt und Bodenart, sowie Pflanzenparametern, wie Pflanzen/m², Nährstoffkonzentrationen (N, P, K, Mg) und den Ertragskomponenten (Kolben/Pflanze, Kornzahl/Kolben, TKG).

Für die statistische Auswertung wurden lineare bzw. multiple Regressionen (r^2), Pearson Korrelationen (r), sowie Variabilitätskoeffizienten (VK %) mit Hilfe des Statistikprogramms Sigma.Stat 2.0 (Jandel Scientific, USA) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Der Maiskornertrag lag in den fünf Untersuchungsjahren durchschnittlich zwischen 6,64 und 10,49 t/ha. Die teilflächenspezifische Ertragsvariabilität aller Flächen war in den einzelnen Jahren witterungsbedingt unterschiedlich stark ausgeprägt, so dass für 1998 ein Variabilitätskoeffizient von 32 % ermittelt werden konnte, für 2000 lag der Variabilitätskoeffizient dagegen bei 19 %. Obwohl die Erträge der

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Fruwirthstr. 23, D-70599 Stuttgart

Untersuchungsflächen von Sorte und Witterung abhängig waren, konnten wiederkehrende Ertragsmuster für die Grids innerhalb der Flächen gezeigt werden (Tabelle 1). Insbesondere für die Fläche I2 und I3 konnte eine räumliche Stabilität der Ertragsvariabilität auf Gridbasis ermittelt werden.

Tab. 1: Pearson Korrelation für den Maiskornenertrag in fünf Untersuchungsjahren auf den Flächen I1, I2 und I3. Korrelationen mit $r > 0,5$ und Wahrscheinlichkeiten mit $P < 0,1$ wurden fett hervorgehoben (Wahrscheinlichkeit P in Klammern).

r	1999	2000	2001	2002
1998		I1 0.192 (0.551)	I1 0.005 (0.987)	I1 0.705 (0.011)
	I2 0.077 (0.856)	I2 0.019 (0.653)	I2 -0.066 (0.877)	I2 0.177 (0.675)
	I3 0.019 (0.070)	I3 0.349 (0.322)	I3 0.549 (0.101)	I3 0.708 (0.022)
1999		I2 0.490 (0.218)	I2 0.894 (0.003)	I2 -0.322 (0.437)
		I3 0.594 (0.070)	I3 -0.038 (0.918)	I3 0.112 (0.759)
2000			I1 0.363 (0.246)	I1 0.486 (0.109)
			I2 0.558 (0.150)	I2 0.576 (0.135)
			I3 0.652 (0.041)	I3 0.759 (0.011)
2001				I1 -0.055 (0.864)
				I1 -0.213 (0.613)
				I3 0.744 (0.014)

Eindeutige Korrelationen des Maiskornenertrages mit den erfassten Pflanzenparametern konnten nicht hergestellt werden. Auch Auswertungen einzelner Bodenparameter konnten die vorhandene Ertragvariabilität nicht erklären. Lediglich über die Kombination der Bodennährstoffgehalte konnte mit $r^2 > 0,5$ eine schwache Korrelation zu der teilflächenspezifischen Ertragsvariabilität ermittelt werden, was auf komplexe Faktorkombinationen hinsichtlich der Ertragsbeeinflussung hindeutet. Auch Ergebnisse von Kravchenko und Bullock (2000) zeigten, dass eine Ertragsvariabilität oft nicht durch einfache lineare Beziehungen erklärt werden kann.

Vor diesem Hintergrund wurde zur weiteren Interpretation der Daten ein Wachstumsmodell eingesetzt, mit dem Ziel mehrstufige Kombinationen von Bodenmerkmalen auf ihre Ertragswirksamkeit zu überprüfen. Erste Ergebnisse aus der Modellierung lassen auf den ertragswirksamen Einfluss von Bodenverdichtungen schließen. Aufgrund der bisherigen Auswertungen muss ein dominierender Einfluss von verschiedenen Bodenmerkmalen auf die Ertragsvariabilität angenommen werden, der eine temporäre und räumliche Stabilität der teilflächenspezifischen Ertragsvariabilität nach sich zieht.

Literatur

Kravchenko, A.N., Bullock, D.G., Boast, W.W: 2000. Joint multifractal analysis of crop yield and terrain slope. Agron. J. 92:1279-1290.

Danksagung

Wir danken dem „ITADA-Projekt 1.1.1 ‚Nutzbarmachung von Verfahren der Präzisionslandwirtschaft am Oberrhein – Analyse und Interpretation der Variabilität von Ackerflächen in der Rheinebene‘, bearbeitet von Dr. Ivika Rühling (IfuL) und Didier Lasserre (ICTF) mit Kofinanzierung durch EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd.“ für die Bereitstellung der Daten.

Chlorophyllfluoreszenzbildanalyse zur Differenzierung von Unkrautarten

Sabine Aulich & Henning Nordmeyer*

Einleitung

Die Chlorophyllfluoreszenzanalyse hat sich als eine Methode für die Untersuchung physiologischer Reaktionen der Pflanze etabliert. Über die Nutzung der Chlorophyllfluoreszenz zur Pflanzenartendifferenzierung ist dagegen wenig bekannt. Obwohl bei allen Pflanzenarten das Chlorophyllfluoreszenzmuster ähnlich ist, gibt es doch artabhängige Unterschiede (Keränen et al., 2003). Diese Differenzen lassen sich zur Identifikation einzelner Arten nutzen. In dieser Arbeit wurde untersucht, ob sich die dikotylen Pflanzenarten *Galium aparine* (GALAP) und *Veronica hederifolia* (VERHE) und die monokotylen Arten *Alopecurus myosuroides* (ALOMY) und *Apera spica-venti* (APESV) abhängig vom Pflanzenalter durch verschiedene Chlorophyllfluoreszenzparameter unterscheiden lassen. Dazu wurden zwei unterschiedliche Analyseprotokolle getestet. Zudem wurde geprüft, ob es Unterschiede zwischen Pflanzen aus dem Gewächshaus, kontrolliert angezogenen Pflanzen im Freiland und Pflanzen von Ackerschlägen gab.

Material und Methoden

Die Pflanzen wurden unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus und im Freiland ausgesät. Von einem Teil der Pflanzen wurden die Keimblätter abgeschnitten und die Chlorophyllfluoreszenz gemessen. Ein anderer Teil der Pflanzen wurde weiterkultiviert. Sechs Wochen nach Aussaat hatten die Unkräuter 8 bis 10 Laubblätter entwickelt. Von jeder Pflanze wurde das älteste vollständig entwickelte Laubblatt untersucht. Zudem wurden *Galium aparine* und *Apera spica-venti* im Keim- und Laubblattstadium von zwei Ackerschlägen entnommen. Die Chlorophyllfluoreszenzmessungen wurden mit einem PAM-Fluoreszenzbildanalyse-System (Puls-Amplituden moduliert) durchgeführt. Das System besteht aus zwei Leucht-Dioden (LED; $\lambda_{\max} = 620 \text{ nm}$), einer Halogenlampe (250 Watt), einer CCD-Kamera und einer Steuereinheit. Für die Untersuchungen wurden zwei Belichtungsprotokolle ausgewählt (F_0 /Kautsky-Effekt und Quenching-Analyse) (Tyystjärvi et al. 1999). Die Protokolle unterscheiden sich in ihrem Zeitaufwand und in der Anzahl an Auswertungsmöglichkeiten. Die Messdatensätze wurden geblockt für jede Pflanzenart miteinander verglichen und auf signifikante Unterschiede untersucht. Es wurde eine einfaktorielle multivariate Varianzanalyse (MANOVA) durchgeführt. Um zu prüfen, zwischen welchen Pflanzenarten signifikante Unterschiede existieren, wurde ein multipler Mittelwert-Vergleich durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei Unkräutern aus dem Gewächshaus, Freiland und von Ackerschlägen konnte zwischen mono- und dikotylen Pflanzenarten im Keimblattstadium mit beiden Belichtungsprotokollen ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Auswertungen der Messergebnisse für die Pflanzenarten im Laubblattstadium ergaben dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Arten (Abb. 1).

* Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Unkrautforschung, Messeweg 11-12, D-38104 Braunschweig

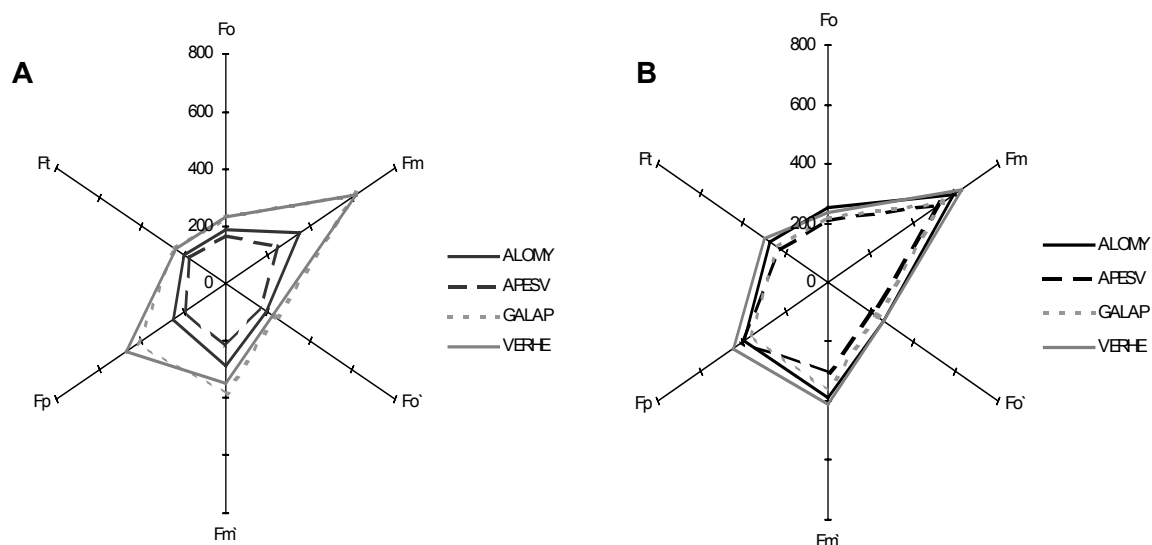


Abb. 1: A: Quantenausbeute für die Unkrautarten (Gewächshaus) ALOMY, APESV, GALAP und VERHE im Keimblattstadium in Abhängigkeit von verschiedenen Fluoreszenzparametern. B: Quantenausbeute für die Unkrautarten (Gewächshaus) ALOMY, APESV, GALAP und VERHE im Laubblattstadium in Abhängigkeit von verschiedenen Fluoreszenzparametern.

Trotz unterschiedlicher Strukturen und Flächen der Blätter, lassen sich Differenzen zwischen den Pflanzenarten im Keimblattstadium und auch im Laubblattstadium nicht mit der Blattform begründen. Pflanzen in frühen Entwicklungsstadien können besser voneinander unterschieden werden, da sie bis dahin kaum Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, die sich auf die Chlorophyllfluoreszenz auswirken können (Tyystjärvi et al., 1999). Entscheidend ist die Physiologie und die Reaktion der Pflanze auf Umweltsignale (Bilger et al., 2001). Es bleibt allerdings zu klären, ob sich ältere Pflanzen, die unter verschiedenen Umwelteinflüssen aufgewachsen sind, zuverlässig unterscheiden lassen.

Literatur

- Keränen, M.; E. M. Aro und E. Tyystjärvi 2003: Automatic plant identification with chlorophyll fluorescence fingerprinting. *Precision Agriculture* 4: 53-67.
- Tyystjärvi, E.; A. Koski; M. Keränen und O. Nevelainen 1999: The Kautsky curve is a built-in barcode. *Biophysical Journal* 77: 1159-1167.
- Bilger, W.; T. Johnson und U. Schreiber 2001: UV-excited chlorophyll fluorescence as a tool for the assessment of UV-protection by the epidermis of plants. *J. Exp. Bot.* 52: 2007-2014.

Verwendung von Sensorinformationen über Trockenstress zur Abschätzung teilflächenspezifischer Ertragspotenziale von Winterweizen

Ulf Böttcher & Henning Kage*

Einleitung

Trockenstress kann als limitierender Faktor das Ertragspotenzial von Pflanzenbeständen begrenzen. Deshalb ist es insbesondere für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung notwendig, das Auftreten von Wassermangel auf einzelnen Teilflächen zu erkennen und bei der Ableitung von Düngestrategien zu berücksichtigen.

Die Temperatur des Pflanzenbestandes reagiert sehr schnell auf kurzfristigen Trockenstress, bevor dieser in der Biomasseentwicklung erkannt werden kann. Deswegen ist die Messung der Bestandestemperatur mit Traktor-montierten Sensoren eine unter Umständen geeignete Methode, um die räumliche Variabilität der Wasserverfügbarkeit aus dem Boden und ein dadurch verringertes Ertragspotenzial abzuleiten. Abweichungen zwischen gemessenen und mit Modellen ermittelten Bestandestemperaturen können eventuell zur Bestimmung von Bodenwasserhaushaltsparametern herangezogen werden.

Mit Pflanzenwachstumsmodellen lässt sich die Auswirkung von Trockenstress auf die Biomasseentwicklung und Ertragsbildung des Pflanzenbestandes simulieren und damit ein Ertragspotenzial für einzelne Teilflächen abschätzen.

Material und Methoden

Auf zwei Praxisschlägen auf dem Versuchsgut Hohenschulen in der Nähe von Kiel wurden zu mehreren Zeitpunkten während der Vegetationsperioden 2002/03 und 2003/04 Bestandeparameter eines Winterweizenbestandes erhoben. Die Bestandestemperatur wurde mit einem Schlepper-montierten System von Infrarotthermometern sowie Sensoren zur Erfassung der meteorologischen Rahmenbedingungen (Nettostrahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung) gemessen. Aus diesen Daten wurde aus der Energiebilanz der Trockenstress-Index CWSI (Crop Water Stress Index, Jackson et al. 1981) berechnet. Der CWSI lässt sich auf das Verhältnis aktueller zu potentieller Evapotranspiration zurückführen: $CWSI = 1 - ETP_{akt}/ETP_{pot}$.

In einem zweiten Ansatz wurde ein Simulationsmodell erstellt, das Pflanzenwachstum, Bodenwasserhaushalt und Evapotranspiration miteinander koppelt. Dieses Modell simuliert die Auswirkungen von Trockenstress auf die Transpiration sowie die dadurch verringerte Assimilation des Pflanzenbestandes und berechnet ebenfalls das Verhältnis ETP_{akt}/ETP_{pot} .

Ergebnisse und Diskussion

Die ermittelten CWSI-Daten zeigen eine starke räumliche Varianz, die sich auf die stark heterogenen Bodenverhältnisse und das ausgeprägte Relief am Standort zurückführen lässt. In beiden Jahren gab es eine ausgeprägte Trockenphase anfänglich im Frühjahr gefolgt von ausreichenden Niederschlägen im späten Frühjahr und Frühsommer.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

Abbildung 1 zeigt für das Jahr 2003 die aus den Messungen berechneten CWSI-Werte, die nur für die erste Messung Mitte April und für die beiden letzten Messungen im Juni Trockenstress erkennen lassen. Die vom Modell simulierten Werte von aktueller und potentieller Evapotranspiration stimmen damit weitgehend überein. Im Gegensatz zu der Messung, die kurzfristige Werte für den Trockenstress liefert und in der Regel mittags durchgeführt wurde, liefert das Modell jedoch Tagesmittelwerte und erreicht die gemessenen Werte damit nicht. Zu späteren Zeiten der Vegetationsperiode überschätzt das Modell möglicherweise die Blattfläche und damit die Transpiration und unterschätzt den Ende Juni gemessenen Trockenstress.

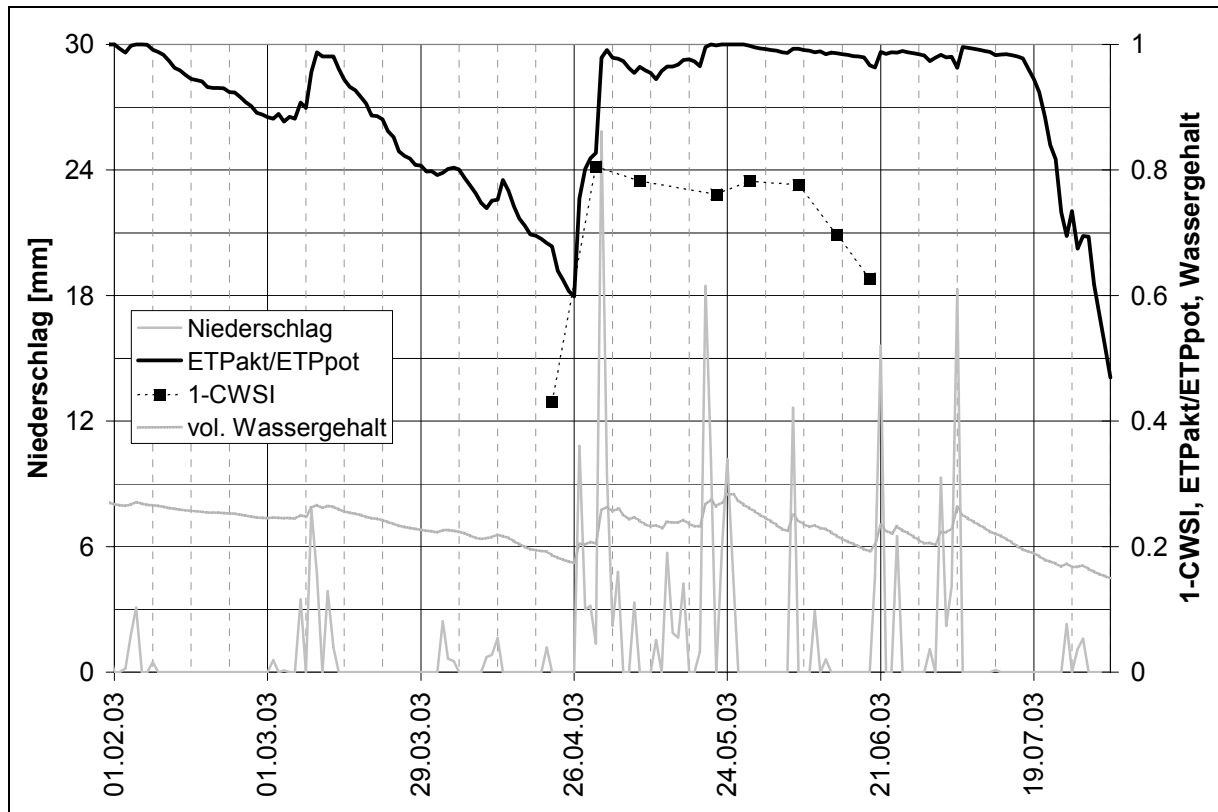


Abb. 1: Modellsimulation des Verhältnisses ETPakt / ETPpot, aus Messungen abgeleitete Daten für (1 - CWSI), Niederschlagsverteilung und simulierte volumetrische Wassergehalte für die Vegetationsperiode 2003

Nach entsprechender Weiterentwicklung zur Berechnung von Stundenwerten soll eine teilflächenspezifische Parameterschätzung der van-Genuchten-Parameter erfolgen und zur Beschreibung des Bodenwasserhaushalts herangezogen werden. Basierend darauf soll eine Abschätzung teilflächenspezifischer Ertragspotenziale vorgenommen werden.

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

Auswirkung unterschiedlicher N-Dünger auf die Reflexion von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.)

Simone Graeff*, Christian Horn, Wilhelm Claupein

Einleitung

Aus zahlreichen Studien ist bekannt, dass Pflanzen unterschiedlich auf eine Nitrat- bzw. Ammoniumernährung reagieren und Ertragsparameter durch die N-Form vielfältig beeinflusst werden können. Ebenso kann das Pflanzenwachstum durch die unterschiedliche Verfügbarkeit von Stickstoff aus den verschiedenen Düngern beeinflusst werden. Zahlreiche Sensoren im Precision Farming erfassen den N-Status von Pflanzen und ermitteln basierend auf den Sensormessungen den notwendigen N-Düngerbedarf. Ziel der durchgeführten Studie war, zu testen, inwieweit die N-Form bei der N-Bedarfsermittlung über Sensorikverfahren einbezogen werden muss.

Material und Methoden

In einem zweijährigen Feldversuch (2001-2003) wurde der Einfluss unterschiedlicher N-Düngerformen auf die Reflexion von Winterweizenpflanzen untersucht. Winterweizen der Sorte Transit wurde in jedem Versuchsjahr Mitte Oktober mit einer Saattiefe von 400 Kö/m² auf einer Fläche der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Ihinger Hof, Universität Hohenheim (48° 44' N, 8° 56' E; 687 mm, 7.9 °C) ausgesät. Tabelle 1 stellt die gewählten N-Dünger sowie die Zeitpunkte und Mengen der N-Düngung während der Vegetationsperiode dar. Ab dem BBCH Stadium 32 wurden regelmäßig einmal pro Woche Reflexionsmessungen im Bestand mit einer digitalen Kamera (S1 Pro, Leica, Deutschland) unter kontrollierten Lichtverhältnissen (MikroSun 21D HMI, Sachtler, Deutschland) durchgeführt. Der Einsatz unterschiedlicher Longpass-Filter (Maier Photonics, Manchester, USA) ermöglichte die gezielte Selektion einzelner Wellenlängenbereiche und die Aufschlüsselung des gesamten Tageslichtspektrums in kleine (5-20 nm) Spektralbereiche. Die Scans wurden im L*a*b*-Farbraum mit der Software Adobe Photoshop® 5.0 ausgewertet. Parallel zu diesen Reflexionsmessungen wurde Messungen mit dem N-Sensor-Handgerät zur N-Bedarfsermittlung durchgeführt. Mit Hilfe des Statistikprogramms SigmaStat 2.0 (Jandel Scientific, USA) wurden Varianzanalysen durchgeführt und die Grenzdifferenz für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% ($\alpha=0,05$) berechnet.

Tab. 1: Ausgewählte N-Düngerformen und -zeitpunkte sowie N-Mengen in kg ha⁻¹.

Nr.	Variante	kg N gesamt	Vegetationsbeginn kg N/ha	BBCH 31/32 kg N/ha	BBCH 39 kg N/ha	BBCH 59 kg N/ha
1	Kontrolle	0	0	0	0	0
2	KAS	210	50	70	40	50
3	Harnstoff	210	50	70	40	50
4	AHL	210	50	70	40	50
5	ENTEC	210	90	120	-	-

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse zeigen, dass sich die Reflexion in Abhängigkeit der N-Form signifikant änderte. Bei gleicher N-Düngerhöhe von 210 kg N ha^{-1} stieg die Reflexion der AHL Variante signifikant im Vergleich zu den anderen getesteten Düngern an und war vergleichbar mit der Reflexion der ungedüngten Kontrolle. Die gemessenen Reflexionswerte zeigten im BCH Stadium 39 (Abb.1) ebenso wie die Messungen mit dem N-Sensor-Handgerät (Abb. 2) eine deutlich schlechtere N-Versorgung der AHL-Variante, als z.B. die mit KAS gedüngte Variante.

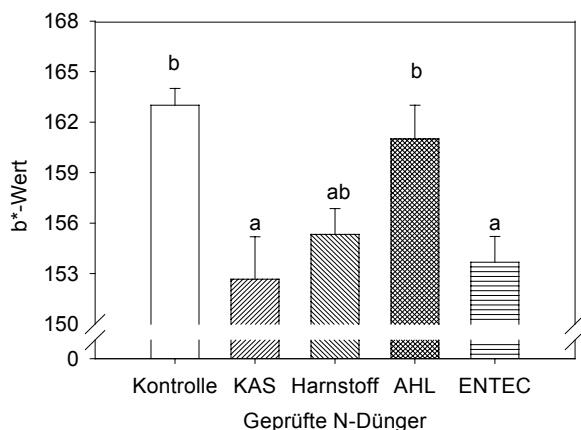


Abb. 1: Änderung der Reflexion dargestellt am b^* -Wert im Wellenlängenbereich 516-1300 nm im BBCH Stadium 39 (MW + SF, $n = 4$).

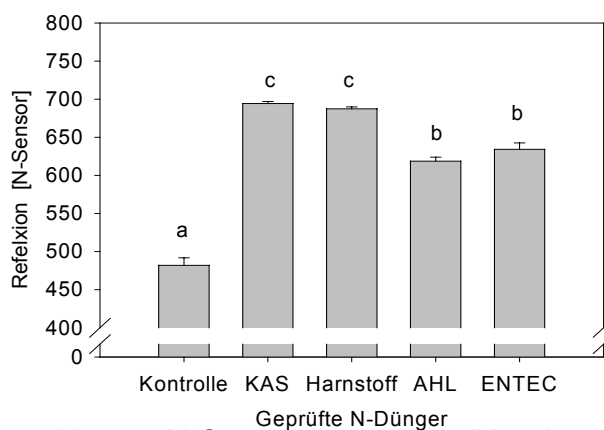


Abb. 2: N-Sensormesswerte (Handgerät) von Winterweizen in den unterschiedlichen N-Düngervarianten im BBCH Stadium 39 (MW + SF, $n = 4$).

Die schlechtere N-Versorgung der AHL-Variante spiegelte sich auch in einen um 25 % reduzierten Kornertrag wider (Abb. 3). Einzelne Ertragskomponenten wie Ährenzahl pro m^2 oder Körner/Ähre waren signifikant reduziert. Dies geht einher mit Ergeb-

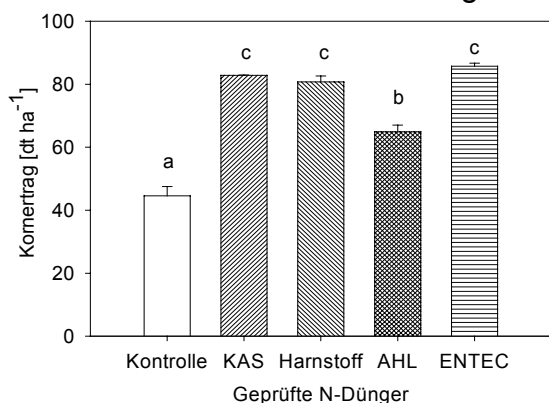


Abb. 3: Kornertrag (dt ha^{-1}) im Vergleich der unterschiedlichen N-Düngerformen (MW, SF, $n = 4$).

nissen aus Studien von Salsac et al. (1987) und zeigt, dass die N-Düngerform die N-Versorgung von Winterweizen und die Ausbildung von Ertragskomponenten wesentlich beeinflusste. Das verringerte Pflanzenwachstum in der AHL-Variante führte jedoch zu einem über die Sensormessungen ermitteltem N-Düngeempfehlung von $270\text{-}280 \text{ kg N ha}^{-1}$ und lag damit deutlich über dem Gesamtbedarf der Pflanzen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei einer sensorgestützten N-Düngeempfehlung die N-Form und die damit einhergehende Verwertung seitens der Pflanze berücksichtigt werden sollte, um zu hohe N-Gaben zu vermeiden.

Literatur

Salsac, L., Chaillou, S., Morot-Gaudry, J.F., Lesaint, E., Jolivet, E. (1987): Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant Physiol. Biochem.* 25, 805-812.

Integration moderner Informations- und Analysesysteme des Precision Farming in das Feldversuchswesen

Simone Graeff, Martina Kohler, Wilhelm Claupein*

Einleitung

In den letzten Jahren sind eine Reihe einzelner Ansätze zur „punktuellen“ Verbesserung des Feldversuchswesens entwickelt worden. Die Integration moderner Informationstechnologien des Precision Farmings in das konventionelle Feldversuchswesen könnte zu einer deutlichen Vereinfachung vieler Versuchsarbeiten beitragen. So könnten z.B. zahlreiche Bonituren durch moderne Sensoren (N-Sensor, Bildanalyse zur Unkrautererkennung) objektiver und einfacher durchgeführt werden. Darüber hinaus könnten durch die Erfassung der Variabilität relevanter Bodeneigenschaften und die daraus resultierenden Unterschiede in der Ertragsbildung von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen Versuchsschläge gezielter unter Berücksichtigung der natürlich vorhandenen Inhomogenitäten ausgewählt und die Datensätze entsprechend geostatistisch analysiert werden.

Eine Bewertung der einzelnen Ansätze, Methoden und Sensoren anhand ihres Beitrages zur Verbesserung bzw. Sicherung der Qualität der Feldversuche fehlt jedoch bislang völlig und war Ziel dieser Studie.

Material und Methoden

Zur Prüfung unterschiedlicher Technologien aus dem Precision Farming für die Anwendung im konventionellen Feldversuchswesen wurden die Landessortenversuche in Winterweizen am Standort Boxberg (Bad Mergentheim, Baden-Württemberg) ausgewählt. Der Standort zeichnet sich durch eine jährliche Niederschlagsmenge von \varnothing 720 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,4 °C aus. Die vorherrschende Bodenart ist schluffiger Lehm. Die Landessortenversuche wurden bei Winterweizen 2003/2004 in Boxberg als Spaltanlage mit zwei N-Düngungsvarianten V1 mit 90 kg N ha⁻¹ und V2 mit 130 kg N ha⁻¹ in zwei Wiederholungen angelegt. Es wurden insgesamt 28 Sorten geprüft. Die Aussaat der Winterweizensorten erfolgte am 17.10.03 mit einer Saatstärke von 320 Körner pro m². Voraus ging eine Bodenbearbeitung mit Pflug (Ende September), Grubber und 2 x Kreiselegge.

In der Studie wurde nun überprüft, in wie weit flächenbezogene Informationen zum Boden- und Pflanzenzustand mittels geeigneter Sensorikverfahren des Precision Farmings z. B. zur Bestimmung von Humusgehalt, Bodenstickstoff, Bodendichte und Bodenfeuchte oder des Versorgungszustandes der Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen etc. ermittelt und im konventionellen Feldversuchswesen als Alternative zu den bisherigen Methoden eingesetzt werden können. Hierzu wurde unter anderem die scheinbare elektrische Bodenleitfähigkeit mit einem EM38 und die N-Versorgung der Weizensorten mit einem N-Sensorhandgerät bestimmt. Die varianzanalytische Auswertung der Daten erfolgte mit Sigma Stat 2.0 (Jandel Scientific, USA), Mittelwertvergleiche der Sorten und Behandlungen erfolgten über den Tukey-Test.

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Bodenleitfähigkeitsmessungen zeigten deutliche Unterschiede in der Bodenleitfähigkeit im Sortenversuch Winterweizen auf (Ergebnisse nicht dargestellt). Ebenso zeigten die N-Sensorwerte unbeeinflusst von der N-Düngerhöhe starke Unterschiede in der N-Versorgung der einzelnen Sorten zwischen den Wiederholungen auf. Insbesondere in der zweiten Wiederholung der V1 Variante unterschied sich der ermittelte N-Bedarf im Vergleich zur ersten Wiederholung um im Mittel 70 kg N ha⁻¹ (Abb. 1). Die ermittelte Variabilität des Feldes im Bezug auf die scheinbare Bodenleitfähigkeit korrelierte jedoch nur schwach mit den Unterschieden in der Stickstoffversorgung der Pflanzen.

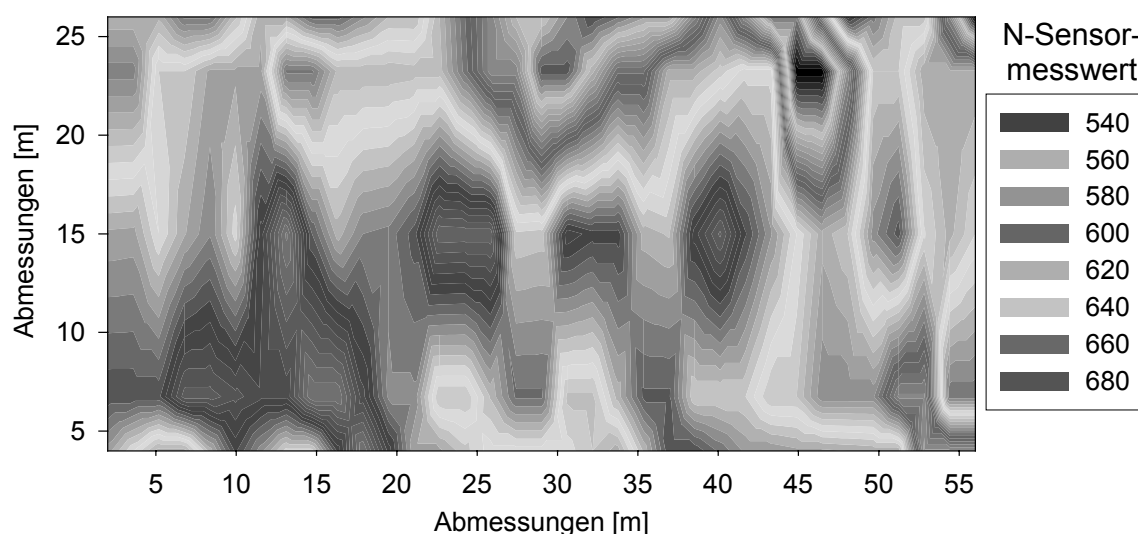


Abb. 1: N-Sensormesswerte (Handgerät) im Landessortenversuch Winterweizen. Sortenunterschiede in den Sensorwerten wurden bei der Auswertung über die angegebene Sortenkorrektur des N-Sensors berücksichtigt. Innerhalb der Fläche liegen Unterschiede im N-Bedarf der Sorten bis zu 70 kg N vor.

Da das Pflanzenwachstum eine komplexe Interaktion zwischen Genetik, Management, Boden, Krankheiten und Klimaeigenschaften ist, die sich räumlich und zeitlich über ein Feld, während einer Jahreszeit und von Jahr zu Jahr verändert, ist es schwierig mit reinen statistischen Methoden zu konkreten Aussagen für die eigentlichen Ursachen der Ertragsvariabilität an diesem Standort zu gelangen. Die Unterschiede in der N-Versorgung der Pflanzen sollten jedoch in der Auswertung der Versuche berücksichtigt werden. Einen weiteren Aufschluss über mögliche Ursachen der Variabilität in der Pflanzenentwicklung sowie der Pflanzendichte könnte durch die multispektrale Auswertung von Luftbildern als weitere indirekte Methode erzielt werden. Mit Hilfe von Modellen, Expertensystemen oder anderen wissensbasierten Systemen kann dann die weitere Verarbeitung der für die entsprechenden Arbeitsprozesse relevanten Daten erfolgen und bei der Auswertung der Versuchsdaten bzw. bei der Versuchsdurchführung berücksichtigt werden.

Informations- und Analysesysteme des Precision Farmings können daher im konventionellen Feldversuchswesen sinnvoll eingesetzt werden. Die Vielzahl der vorhanden Optionen erfordert jedoch weitere Untersuchungen zur Auswahl konkreter kosten- und zeitsparender Technologien.

Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes bei Silomais in Abhängigkeit des TS-Gehaltes mittels Luftbildern

Simone Graeff, Serge Turmes und Wilhelm Claupein*

Einleitung

Zur Erzielung einer hohen Futterqualität der Maissilage, soll Mais in der Regel bei einem TS-Gehalt in der Ganzpflanze von 30 bis 35 % geerntet werden. Allein aufgrund der äußeren Pflanzenentwicklung kann wegen des unterschiedlichen Abreifeverhaltens der einzelnen Sortentypen nicht auf den physiologischen Reifezustand der jeweiligen Sorte geschlossen werden. Eine zu frühe oder zu späte Ernte, die mit Qualitätseinbußen einhergeht, kann die Folge sein. Hinzu kommt, dass Maispflanzen innerhalb eines Bestandes aufgrund räumlicher Heterogenitäten nicht gleichmäßig abreifen und so Zonen unterschiedlichen TS-Gehaltes innerhalb eines Feldes vorhanden sind.

Ziel der Studie war, über eine digitale Bildanalyse von Luftbildern den potentiellen Trockenmasseertrag von Silomais kurz vor der Ernte zu ermitteln und hierbei Zonen unterschiedlicher Abreife innerhalb eines Feldes zu erfassen. Darauf aufbauend soll ein System für die Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes bei Silomais entwickelt werden.

Material und Methoden

Im Jahr 1998 wurden am Standort Ostbevern (nordwestlich von Münster, Deutschland) zwei Feldversuche von der KWS Saat AG mit insgesamt 42 Maissorten unterschiedlicher Reifegruppen (S190-S250) angelegt. Jede Maissorte wurde in jeweils 4 Reihen mit 10,5 Pflanzen/m² gesät und dreifach wiederholt. Die Nettoerntefläche betrug 9 m² (6 m * 1,5 m) pro Parzelle. Eine Woche vor dem potentiellen Erntetermin wurden von der Firma Agro-Sat Luftbilder von den Versuchen aufgenommen. Die Aufnahmen der Bilder wurden mit einer Videokamera im sichtbaren Wellenlängenbereich durchgeführt. Die Luftbilder wurden mittels der Software Photoshop 5.0 im RGB Farbraum ausgewertet und die RGB Farbwerte jeweils mit dem TS-Gehalt der Sorten korreliert. Anhand der tatsächlich gemessenen TS-Gehalte wurde eine TS-Karte des Feldes erstellt, die Aufschluss über Zonen unterschiedlicher Abreife gab. Zur Auswertung der Bilddaten wurden drei Indizes herangezogen. Die Auswertung erfolgte zum einen über den NDVI-Index, der über die Formel: $NDVI = \frac{Rot - Grün}{Rot + Grün}$ berechnet wurde. Zum anderen wurden zwei neue Formeln (Formel A = $3 * Rot + 7 * Grün + 12 * Blau$; Formel B = $Rot + (255 - Grün) + Blau$) entwickelt und zur Bestimmung des TS-Gehaltes eingesetzt. Mit Hilfe des Statistikprogramms Sigma.Stat 2.0 (Jandel Scientific, USA) wurden lineare Korrelationen zwischen den Bilddaten und den TS-Gehalten berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigten, dass im Mittel die TS-Gehalte der Maissorten zwischen 28,2 % und 41,3 % lagen. Die TS-Gehalte korrelierten eng mit den entsprechenden Siloreifezahlen der jeweiligen Sorten. Die Bildauswertung über die einzelnen Indizes zeigte, dass sich der NDVI-Index insbesondere für die Erfassung eines TS-Gehalt unter 35 % eignete. Stieg der TS-Gehalt über 35 % korrelierte der NDVI-Index nicht mehr mit dem ermittelten TS-Gehalt der Sorten.

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

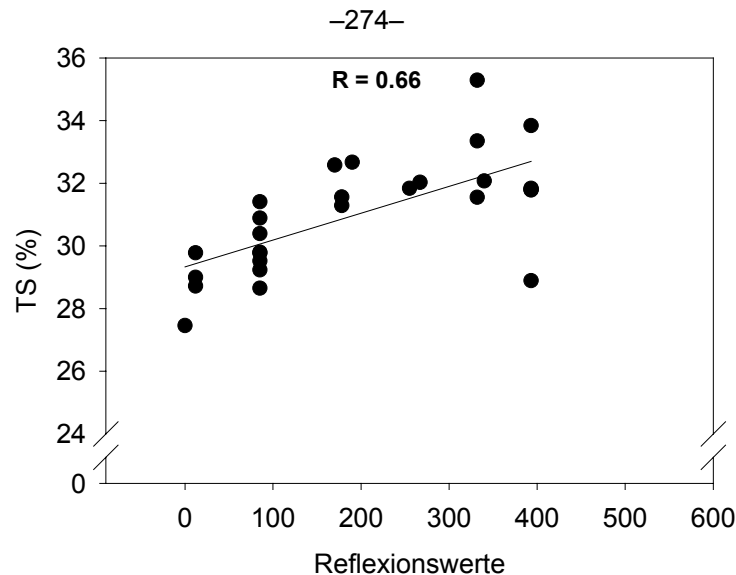


Abb. 1: Korrelation zwischen den mittels Luftbild erfassten, nach Formel B berechneten Bilddaten, und den TS-Gehalten von Maissorten in der TS-Gruppe 31,5-34 % mit $R = 0,66$.

Die erstellte Formel A eignete sich dagegen für die Bestimmung der TS-Gehalte über 35 %. Formel B erzielte nach einer Einteilung der Maissorten in 3 TS –Gruppen 25-29,5 % TS, 29,5- 31,5 % TS und 31,5- 34 % TS Korrelationskoeffizienten zwischen $R = 0,47$ und $R = 0,66$ und ermöglichte damit die Abschätzung eines TS-Gehaltes zwischen 25 % und 35 %. Abbildung 2 zeigt die Verteilung der TS-Gehalte innerhalb des Feldes. Es war zu erkennen, dass innerhalb des Feldes in verschiedenen Zonen starke Schwankungen in den TS-Gehalten vorlagen. Die unterschiedliche Abreife ist möglicherweise auf im Feld vorhandene Heterogenitäten z.B. im Bodenwassergehalt zurückzuführen. Somit können anhand des Luftbildes Zonen mit niedrigen bzw. hohen TS-Gehalten der Maissorten erkannt und bei der Ernte berücksichtigt werden.

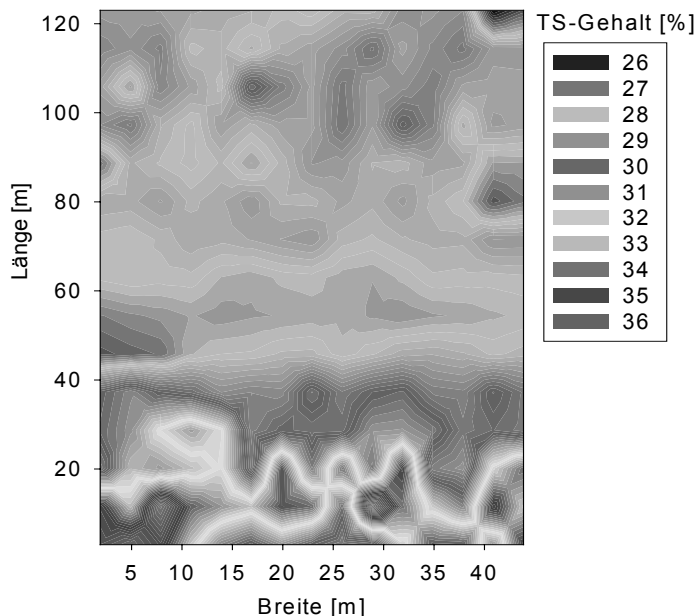


Abb. 2: Zonen unterschiedlicher TS-Gehalte bei Silomaissorten verschiedener Reifegruppen innerhalb des untersuchten Schlages in Ostbevern.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass eine Abschätzung des TS-Gehaltes von Maissorten basierend auf Luftbildern prinzipiell möglich scheint. Darüber hinaus können Zonen unterschiedlicher Abreife innerhalb eines Feldes erfasst und bei der Ernte berücksichtigt werden. Zur Erstellung eines Systems zur Optimierung des Erntezeitpunktes bei Silomais sind jedoch noch weitere Untersuchungen notwendig.

Einsatz eines Pflanzenwachstumsmodells zur Bestimmung des Silomaisertrages in Landessortenversuchen

Kerstin Gröll, Simone Graeff, Wilhelm Claupein*

Einleitung

Der Ertrag einer Pflanze stellt eine komplexe Interaktion zwischen Genetik, Management, Bodeneigenschaften, Krankheiten und Jahreswitterung dar, die sich räumlich über ein Feld, sowie im über verschiedene Jahre verändert. Um das Ertragspotential einer Sorte unter verschiedenen Umwelten zu testen, werden daher in Deutschland umfangreiche Landessortenversuche (LSV) durchgeführt. Im Zuge immer knapper werdender Ressourcen ist die umfangreiche und komplette Beerntung aller Landessortenversuche sehr zeit- und kostenaufwendig. In den letzten Jahren haben sich Pflanzenwachstumsmodelle für die Analyse des komplexen Wirkungsgefüges biotischer und abiotischer Faktoren und darauf aufbauend für die Ertragsanalyse bewährt. Pflanzenwachstumsmodelle wie z. B. DSSAT 4.0 (Jones et al. 2003) berechnen die tägliche Biomassezunahme der Pflanzen und den Ertrag als Funktion von Photosynthese, Entwicklungsstadium, Wasser- und/oder Nährstoffmangel oder anderen am Standort vorhandenen ertragslimitierenden Faktoren. Nach entsprechender Validierung lässt sich mit Hilfe des Modells z.B. standortspezifisch der Ertrag vorhersagen. Ziel der Studie war daher auf Basis des pflanzenbaulichen Wachstumsmodells DSSAT 4.0 den Siloertrag von Mais verschiedener Landessortenversuche zu berechnen und zu prüfen, ob eine Ertragsschätzung über Pflanzenwachstumsmodelle mit hoher Genauigkeit möglich ist und zukünftig nur noch einzelne, ausgewählte LSV Standorte beerntet werden müssten.

Material und Methoden

Im Jahr 2000 wurden an 13 Standorten in Baden-Württemberg 16 Silomais-sortenprüfungen, unterteilt in 3 Reifegruppen durchgeführt. Von den 13 Standorten wurden die drei Standorte Ulm/Wettingen, Biberach und Ludwigsburg ausgewählt. Dabei wurde am Standort Ulm/Wettingen die Reifegruppe früh mit 26 Sorten, am Standort Biberach die Reifegruppe mittelfrüh mit 23 Sorten und am Standort Ludwigsburg die Reifegruppe mittelspät mit 17 Sorten geprüft. Vorherrschende Bodenart am Standort Ulm/Wettingen (498 m NN) war ein toniger Lehm, die Vorfrucht war Sommergerste. Die Aussaat erfolgte am 26.04.00, die Ernte am 28.09.00. Der Standort Biberach (570 m NN) zeichnete sich durch einen lehmigen Sand aus. Die Vorfrucht war hier ebenfalls Sommergerste, die Aussaat von Mais erfolgte am 27.04.00, die Ernte am 04.10.00. Am Standort Ludwigsburg (230 m NN) war ein schluffiger Lehm die dominierende Bodenart. Vorfrucht war wie an den beiden anderen Standorten Sommergerste, die Aussaat von Mais erfolgte am 20.04.00, die Ernte am 12.09.00. Die Bestandesdichte wurde der Reifegruppe angepasst und betrug für das frühe Sortiment (bis S 220) 10-11 Pflanzen/m², für das mittelfrühe Sortiment (bis S 230) 9-10 Pflanzen/m² und für das späte Sortiment (bis S 250) 8-9 Pflanzen/m². Die N-Düngung wurde an jedem Standort in Abhängigkeit vom N_{min}-Gehalt des Bodens und der geschätzten Ertragserwartung nach den Grundsätzen der ordnungsgemäßen Düngung bemessen. Am Standort Ulm/ Wettingen und Biberach betrug die gedüngte N-Menge 158 kg N ha⁻¹, am Standort Ludwigsburg wurden 110 kg N ha⁻¹

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

gedüngt. Die vorliegenden Klima-, Management- und Bodendaten wurden für das Jahr 2000 in das Modell DSSAT 4.0 eingegeben und die Siloerträge an jedem Standort in einem ersten Ansatz für drei ausgewählte Maissorten simuliert.

Ergebnisse und Diskussion

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass das Modell DSSAT 4.0 die Erträge [kg ha^{-1}] der verschiedenen Reifegruppen an den unterschiedlichen Standorten mit einer Ertragsabweichung von max. 5 % widerspiegelt.

Abbildung 1 zeigt die Siloerträge [kg ha^{-1}] für die ausgewählten Sorten Benicia, Maccarena und Limbo des mittelspäten Sortimentes am Standort Ludwigsburg. Die Ergebnisse zeigen, dass Sortenunterschiede vom Modell abgebildet werden können, jedoch die Ertragsabweichung zwischen simuliertem und tatsächlichem Ertrag teilweise die Höhe der Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Sorten übersteigt.

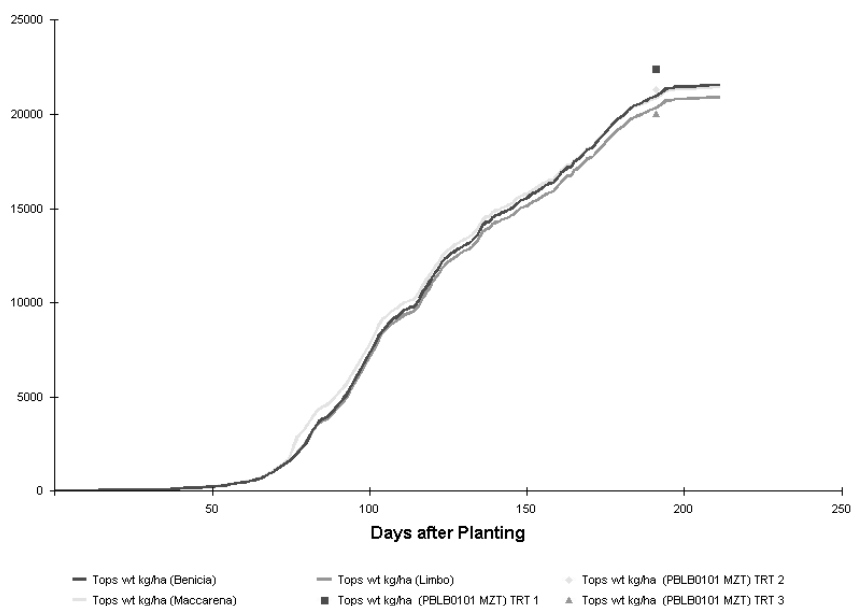


Abb 1: Simulierte (durchgezogene Linie) und tatsächlich gemessene Siloerträge der Maissorten Benicia (\square), Maccarena (\diamond) und Limbo (Δ) des mittelspäten Sortimentes am Standort Ludwigsburg.

Zur Simulation von Ertragsunterschieden zwischen einzelnen Sorten an einem Standort ist daher die exakte Kalibrierung der einzelnen genetischen Sortenparameter in dem Modell eine erste Voraussetzung, um Landessortenversuche durch Pflanzenwachstumsmodelle exakt abbilden zu können. In der Regel stehen die für das Modell notwendigen genetischen Parameter nicht zur Verfügung, sondern müssen in den Versuchen zusätzlich erhoben oder über die Züchter der verschiedenen Sorten einzeln erfragt werden.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Ertragsunterschiede zwischen einzelnen Standorten und verschiedenen Reifegruppen vom Modell abgebildet werden können. Zur exakten Differenzierung der Ertragspotentiale der Sorten an einem Standort ist jedoch die exakte Kalibrierung der geforderten genetischen Parameter im Modell unabdingbar.

Literatur

Jones, J.W., G. Hoogenboom, C. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P. Wilkens, U. Singh, A. Gijssman, & J.T. Ritchie, 2003. DSSAT Cropping System Model. *Europ. J. Agron.* 18:235-265.

Teilflächenspezifische Charakterisierung der Bestandesdynamik von Winterweizen durch reflexionsoptische Messungen

Hinrich Hüwing, Ulf Böttcher und Henning Kage*

Einleitung

Die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung von Pflanzenbeständen kann dazu beitragen, auf vielen Standorten eine wesentliche Verbesserung der Stickstoffeffizienz zu erzielen. Wichtig für die Nutzung dieser Art der Bewirtschaftung sind flächenhafte Informationen über die Verbreitung von Standortfaktoren und Bestandesparametern innerhalb des Schlages. Dazu gehören auch Kenntnisse zu Pflanzenentwicklung, Wachstumszustand und Ernährungszustand der Pflanzen. In dieser Arbeit wurden anhand von zwei Versuchen, die in der Vegetationsperiode 2003 auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel durchgeführt wurden, unterschiedliche Bestandesparameter bestimmt und mit der spektralen Analyse des Bestandes verglichen. Aufgrund des Reflexionsspektrums lässt sich die Bestandesentwicklung charakterisieren. Hieraus sollen dann Strategien für eine teilflächenspezifische Düngung abgeleitet werden.

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 FieldScan zu mehreren Zeitpunkten während der Vegetationsperiode charakterisiert. 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. Zusätzlich wurde der Blattflächenindex (LAI) mit dem LAI-2000 Plant Canopy Analyser bestimmt sowie der Chlorophyllgehalt mit dem Minolta SPAD-502 geschätzt. Während der Ernte wurden Erträge und N-Gehalte mit einem mähdreschergestützten Ertragserfassungs- und NIR-System ortsspezifisch ermittelt. Aus den Reflexionswerten des FieldScan wurden Vegetationsindizes berechnet und mit LAI sowie SPAD-Messungen korreliert.

Weiterhin wurden in einem Pazellenversuch mit 4 unterschiedlichen Stickstoffstufen ebenfalls der LAI mit dem LAI-2000 bestimmt und der Chlorophyllgehalt geschätzt. Dazu wurden auch destruktive Beprobungen des LAI, der Trockenmasse und der Stickstoffkonzentration der einzelnen Pflanzenfraktionen durchgeführt und mit den Sensordaten verglichen. Es wurden mehrere Vegetationsindizes (VI) getestet. Gegenüber der existierenden Literatur wurden auch VI-Kombinationen wie Soil adjusted vegetation index * infrared/green ratio (SAVI*IR/G) angewandt, um den LAI zu schätzen.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Kombination des SAVI mit dem IR/G wie von GONG (2003) für die LAI-Schätzung von Forstbeständen vorgeschlagen, lassen sich auch im Weizen enge Korrelationen mit dem LAI erzielen (Abb. 1). Mit dem von vielen Autoren bevorzugten

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

normalized difference vegetation index (NDVI) waren hingegen keine ausreichenden Schätzungen möglich, da er ab einem LAI>2,5 nicht mehr sensitiv war.

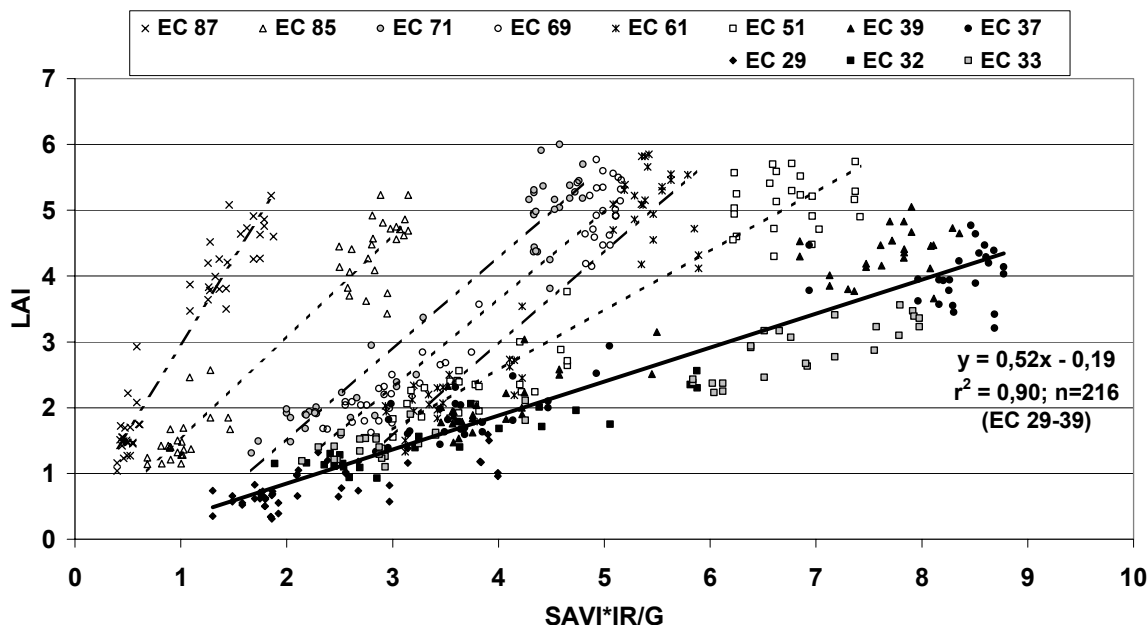


Abb. 1: Entwicklung der Schätzgeraden für die Schätzung des LAI aus SAVI*IR/G während unterschiedlicher Entwicklungsstadien des Winterweizens im Jahr 2003.

Die Güte der Schätzung des LAI aus der Kombination SAVI*IR/G liegt mit einem r^2 von 0,90 über der einzelner geprüfter Vegetationsindizes. Enge Korrelation wurden allerdings nicht für alle Entwicklungsstadien gefunden. Brauchbare Schätzungen sind nur für das vegetative Wachstum möglich. Für diesen Zeitraum wurden mit einem GIS-Programm und der ermittelten Regression LAI-Karten erstellt. Die Heterogenität des Schlages war schon zu EC 32 deutlich zu erkennen. Bereiche, die in frühen Stadien einen hohen LAI aufwiesen, behielten diesen Entwicklungsvorsprung bis EC 39 bei.

In den ungedüngten Transekten blieb die Entwicklung des LAI ab EC 32 gegenüber der gedüngten Variante zurück. Sie hoben sich in der Karte deutlich hervor. Daraus lässt sich folgern, dass Unterschiede in der Entwicklung schon früh durch die Messung der spektralen Reflexion ermittelt werden können.

Literatur

- Erasmi, S. (2003): Optische Fernerkundung zur teilflächenspezifischen Zustandsbeschreibung von Winterweizenbeständen. Göttinger Geographische Abhandlungen, Verlag Erich Goltze GmbH & Co.KG, Göttingen.
- Gong, P. et al. (2003): Estimation of Forest Leaf Area Index Using Vegetation Indices Derived From Hyperion Hyperspectral Data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 41, No. 6, June 2003.
- Reusch, S. (1997): Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen. Dissertation Universität Kiel.

Validierung verschiedener reflektionsoptischer Messmethoden für die Erfassung teilflächenspezifischer Bestandesparameter im Winterraps

Karla Müller, Arne Deecke, Ulf Böttcher und Henning Kage*

Einleitung

„Precision Farming“ zielt darauf ab, durch einen teilflächenspezifischen Produktionsmitteleinsatz gleichzeitig Erträge und Ressourcennutzungseffizienz zu verbessern (Wallace 1994). Aus technischer Sicht ist die teilflächenspezifische Bewirtschaftung heute realisierbar, es fehlen jedoch Konzepte zur pflanzenbaulichen Nutzung dieser Möglichkeit durch eine automatische Entscheidungsunterstützung. Die teilflächenspezifische Vorhersage des Ertragspotenzials und Düngebedarfs könnte mit Hilfe von dynamischen Pflanzenwachstumsmodellen erfolgen. Die dafür nötige Kenntnis der räumlichen Verteilung von Modellparametern insbesondere für den Bereich der Bodenprozesse begrenzt jedoch zur Zeit die Umsetzung dieses Ansatzes. Die Bestimmung von Bestandeseigenschaften durch Sensoren kann zur Modellkalibrierung und –initialisierung und auch zur indirekten Schätzung von Bodenparametern verwendet werden. Hierdurch kann sie dazu beitragen Pflanzenwachstumsmodelle teilflächenspezifisch anwendbar zu machen. Insbesondere für die Kulturart Raps besteht noch erheblicher Entwicklungsbedarf im Hinblick auf eine sensorgestützten Ermittlung von Bestandesparametern. Das Ziel der vorgestellten Arbeit ist daher die Beurteilung der Eignung sensorgesteuerter Datenerhebung zur Erfassung teilflächenspezifischer Bestandesparameter und –dynamik im Raps.

Material und Methoden

Während der Vegetationsperioden 2002/2003 und 2003/2004 wurde auf dem Versuchsgut Hohenschulen, nahe Kiel, auf zwei Praxisschlägen, in denen jeweils zwei ungedüngte Transekte angelegt wurden, Winterraps angebaut. Innerhalb der Transekte wurden an ausgewählten Positionen Blöcke mit vier N-Stufen angelegt. An mehreren Terminen während der Vegetationsperiode wurden reflektionsoptische Messungen des Bestandes mit dem Hydro Agri FieldScan durchgeführt. Parallel dazu wurde in Parzellen der Blattflächenindex mit dem Licor LAI-2000 gemessen sowie LAI, Trockenmasse und Stickstoffkonzentration der einzelnen Pflanzenfraktionen durch destruktive Messungen bestimmt. Während der Ernte wurden Erträge und N-Gehalte mit einem mähdreschergestützten Ertragserfassungs- und NIR-System ortsspezifisch ermittelt. Die Reflektionswerte des FieldScan wurden in verschiedene Vegetationsindizes, wie z. B. der SAVI, IR/R und IR/G umgerechnet und in verschiedenen Kombinationen, wie von Gong (2003) vorgeschlagen, mit dem LAI verglichen, um deren Eignung zur Charakterisierung der Bestandesdaten im Raps zu prüfen.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

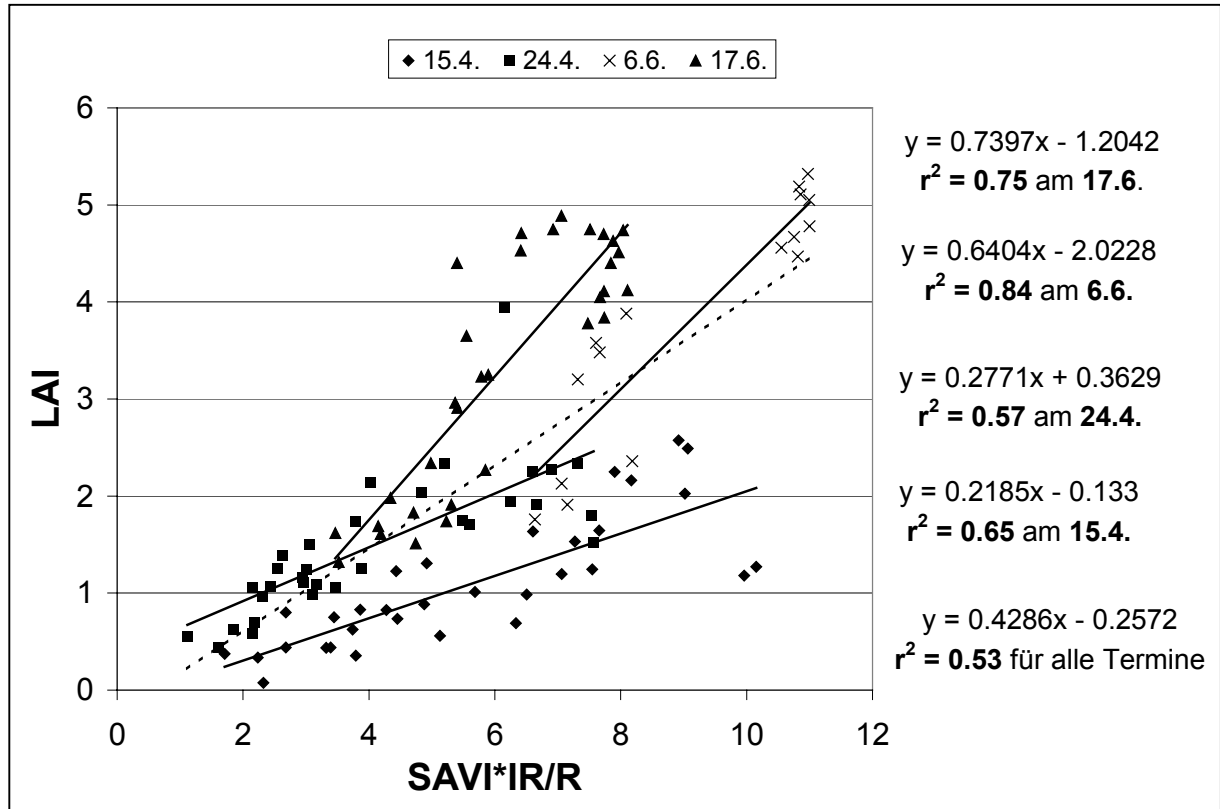


Abb. 1: Korrelationen von SAVI*IR/R und LAI an vier Terminen vor und nach der Rapsblüte 2003

Ergebnisse und Diskussion

Die höchsten Korrelationen einzelner Vegetationsindizes zum LAI wurden durch eine Kombination von SAVI und IR/R erzielt (Abb. 1). Um die Eignung der FieldScan-Daten für eine Ertragsprognose zu überprüfen, wurden anhand der Regressionsgleichung für vier Messtermine vor und nach der Blüte LAI-Karten für Termine vor der Blüte erstellt und diese LAI-Werte mit der Ertragskarte verglichen (Daten nicht gezeigt). Auffällig sind Teilflächen mit hohem Ertrag, die zu diesen Zeitpunkten einen geringen LAI aufweisen. Dies deutet auf eine hohe Kompensationsfähigkeit des Rapses hin. Da die Bestimmung von Bestandesparametern mit Hilfe reflektionsoptischer Methoden auch im Raps prinzipiell möglich ist, sind weitere, modellgestützte Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Bestandesentwicklungsdynamik und Ertragsbildung und eine Validierung dieser Ergebnisse durch weitere Messungen erforderlich.

Literatur

- Wallace, A. 1994. High-Precision Agriculture is an excellent tool for Conservation of natural resources. Communication in soil science and plant analysis, Vol. 25, Nr. 1-2, S.45-49
- Gong, P. et al. 2003. Estimation of Forest Leaf Area Index using Vegetation Indices derived from Hyperion Hyperspectral Data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 41, Nr. 6, June 2003

Teilflächenunkrautbekämpfung im Ackerbau

Henning Nordmeyer*

Einleitung

Eine Teilflächenunkrautbekämpfung ermöglicht eine gezielte, kleinräumig differenzierte Anwendung von Herbiziden (Nordmeyer und Häusler, 2000). Voraussetzung dafür ist das ungleichmäßige Vorkommen einzelner Unkräuter oder Artengruppen auf Ackerflächen. Es müssen auf abgrenzbaren Teilflächen variierende Unkrautdichten mit Unter- und Überschreitung von Schwellenwerten vorhanden sein, damit eine variable Herbizidapplikation durchgeführt werden kann (Nordmeyer et al., 2003). Die größten Vorteile durch Teilflächenunkrautbekämpfung können erreicht werden, wenn einzelne Teilflächen unbehandelt bleiben. Daraus lassen sich ökologische und ökonomische Vorteile dieses Verfahrens ableiten.

Material und Methoden

Seit 1998 werden unter Praxisbedingungen auf 8 Wintergetreideschlägen Versuche zur teilflächenspezifischen Unkrautbekämpfung auf einem landwirtschaftlichen Betrieb (Domäne St. Ludgeri) im Landkreis Helmstedt durchgeführt.

Die Unkrauterfassung (Arten und Artendichte) erfolgte in einem Raster in Abständen von 25 x 36 m durch Feldbegehung und Kartierung mittels Satellitennavigation (GPS). Die Unkrautkartierung erfolgte jeweils im Frühjahr direkt vor einer Bekämpfungsmaßnahme (Nordmeyer und Zuk, 2002). Die Unkräuter wurden mittels Zählrahmen auf einer Fläche von 2 * 0,1 m² erfasst. Es wurden für jeden Schlag Unkrautverteilungskarten für einzelne Arten und Artengruppen erstellt. Im Sinne des Bekämpfungskonzepts wurde in monokotyle (MOKOT) und dikotyle Arten (DIKOT) ohne *Galium aparine* und *Galium aparine* aufgetrennt. *Galium aparine* (GALAP) als Problemunkraut in Wintergetreide wurde gesondert ausgewertet. Auf der Grundlage der Unkrautkarten und schlagspezifischer Schadensschwennwerte wurden dann Herbizidapplikationskarten für MOKOT, DIKOT und GALAP erstellt und die Applikation GPS-gestützt durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

In den Abbildungen 1 und 2 sind typische Unkrautverteilungskarten (Schlag Seedorfer Feld, Frühjahr 2002, Kultur Winterweizen) und die daraus abgeleiteten Herbizidapplikationskarten dargestellt. Deutlich wird, dass die einzelnen Unkrautarten bzw. Artengruppen nesterweise bzw. nur auf bestimmten Teilflächen vorkommen. Der Schlag zeichnete sich dadurch aus, dass die Verunkrautung mit MOKOT sehr gering war. Als einkeimblättrige Art konnte nur *Apera spica-venti* ermittelt werden. Als zweikeimblättrige Arten waren *Viola arvensis*, *Stellaria media*, *Matricaria*-Arten, *Thlaspi arvense*, *Veronica persica*, *Veronica hederaefolia* und *Galium aparine* anzutreffen. Im Sinne des Schadensschwennkonzeptes ist nahezu die Hälfte des Schlages als nicht bekämpfungswürdig einzustufen.

* Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Unkrautforschung, Messeweg 11-12, 38104 Braunschweig

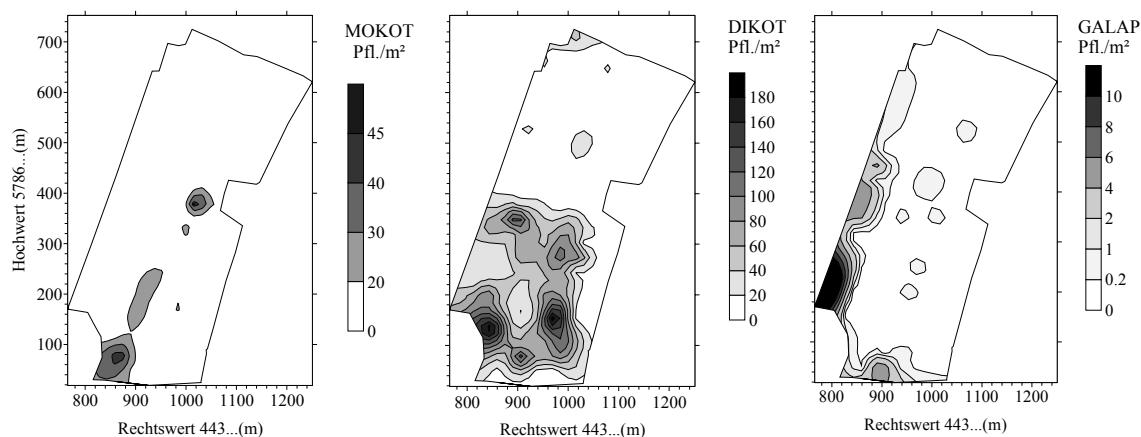


Abb. 1: Unkrautvorkommen auf Schlag Seedorfer Feld – Frühjahr 2002 in Winterweizen. Monokotyle Arten (MOKOT), dikotyle Arten (DIKOT) und *Galium aparine* (GALAP).

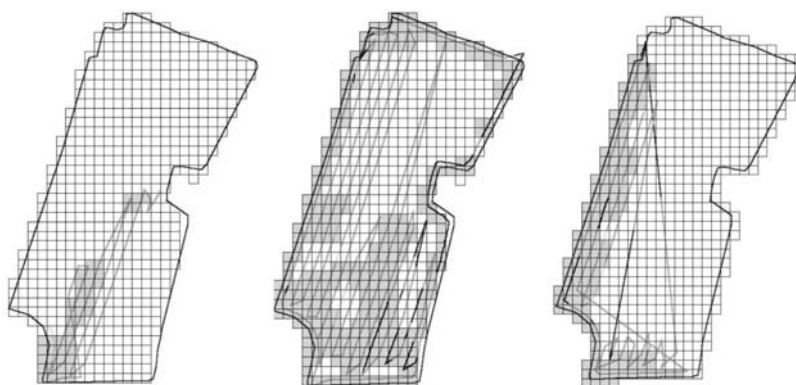


Abb. 2: Herbizidapplikationskarten (Frühjahr 2002) für Schlag Seedorfer Feld

Die zu behandelnde Fläche betrug für MOKOT 7 %, für DIKOT 49 % und für GALAP 21 %. Bei allen Applikationen konnte auf eine ganzflächige Befahrung des Schlages verzichtet werden. Betrachtet man alle Versuchflächen und alle Versuchsjahre so konnte gezeigt werden, dass in allen Fällen ein Einsparpotenzial vorhanden war. Insgesamt erfüllt die Teilflächenunkrautbekämpfung Forderungen des Verbraucherschutzes, des Qualitätsmanagements in der Landwirtschaft, der ökologischen Verträglichkeit des Pflanzenschutzes und der Transparenz des Produktionsprozesses. Daraus ist für die Zukunft eine zunehmende Bedeutung dieser Verfahren in der landwirtschaftlichen Praxis zu erwarten.

Danksagung: Das Projekt wurde von der VolkswagenStiftung gefördert.

Literatur

- Nordmeyer, H. und A. Häusler 2000: Erfahrungen zur teilflächenspezifischen Unkrautbekämpfung in einem Praxisbetrieb. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVII: 195-205.
- Nordmeyer, H. und A. Zuk 2002: Teilflächenunkrautbekämpfung in Winterweizen. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderheft XVIII: 459-466.
- Nordmeyer, H.; A. Zuk und A. Häusler 2003: Experiences of site specific weed control in winter cereals. Precision Agriculture (Eds. Stafford, J., Werner, A.), Wageningen Academic Publishers: 457-462.

Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung im Mais in einer kleinstrukturierten Region

Dr. Patrick Reidelstürz* & Dr. Reinhold Vetter**

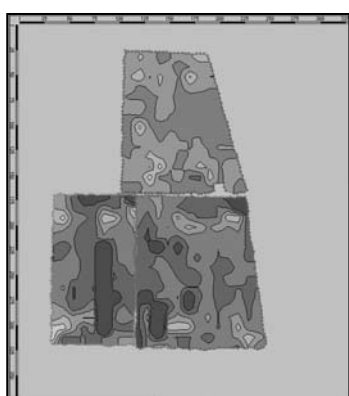
Einleitung

Auf drei Praxis schlägen der kleinstrukturierten Landwirtschaft des Oberrheingrabens wurde die Stickstoffdüngung für Mais auf drei Untersuchungsflächen teilflächenspezifisch ausgebracht. Hierzu wurden Informationen zur Variabilität auf den Schlägen berücksichtigt.

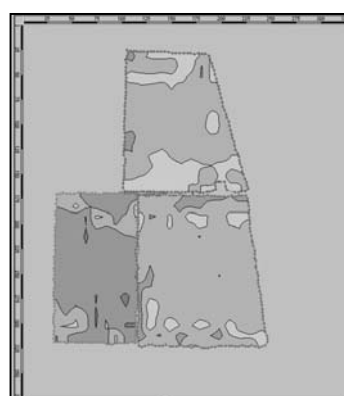
Material und Methoden

Zur Umsetzung der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung muss eine Stickstoff-Applikationskarte abgeleitet werden, die dem Düngestreuer in Kombination mit der Lageinformation aus dem GPS die Information über die Menge der Applikation zur Verfügung stellt.

Für die Ableitung einer solchen N-Applikationskarte wurden aus Mährescher Ertragsdaten zurückliegender Jahre flächige Ertragskarten interpoliert (Abb. 1).



Ertragsverteilung im Jahr 2000



Ertragsverteilung im Jahr 2001

Abb. 1: Ertragskarten zurückliegender Jahre

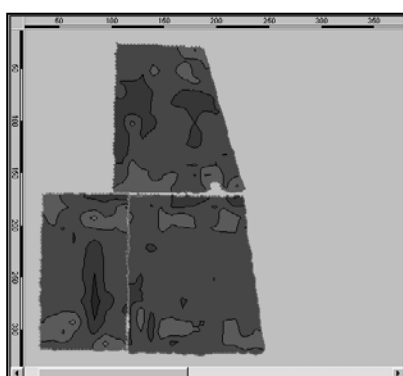


Abb. 2: Abgeleitete Ertrags-erwartungskarten

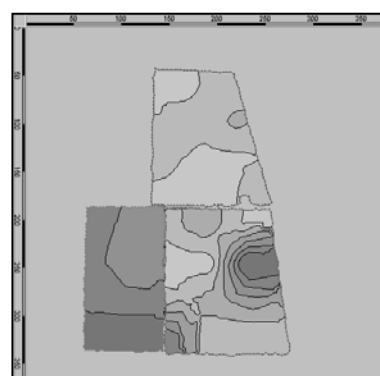


Abb. 3: Abgeleitete N_{min} Verteilung

* Gisgeo, Friedrichring 37, 79098 Freiburg (p.reidelstuerz@gisgeo.de)

** Institut für umweltgerechte Landwirtschaft, Auf der Breite 7, 79379 Müllheim (reinhold.vetter@t-online.de)

Für jeden der drei Untersuchungsschläge wurden aus diesen Ertragskarten teilflächenspezifisch differenzierte Ertragserwartungskarten für das Niveau des erhofften Zielertrages abgeleitet (Abb. 2). Daneben wurde mit Hilfe von Bodenproben die teilflächenspezifische Verteilung von N_{min} ermittelt und ebenfalls als flächige Konturenkarte dokumentiert (Abb. 3).

Mit Hilfe dieser teilflächenspezifisch vorliegenden Eingangsparameter konnte der N

- Bedarf nach „guter fachlicher Praxis“ teilflächenspezifisch differenziert berechnet werden und als maschinenlesbare N - Applikationskarte umgesetzt werden.

Abbildung 4 zeigt die Umsetzung in eine Versuchsanlage mit 18m breiten Versuchstreifen. zwischen diesen Versuchstreifen wurde nach bisheriger Praxis gedüngt (Mittelwert).



Abb. 4: Teilflächenspezifische N-Applikationskarte, umgesetzt für eine streifenweise Versuchsanlage

Diese Applikationskarte konnte im Bordrechner des Schleppers eingelesen und in Kombination mit der bekannten Geoposition aus dem GPS vor Ort umgesetzt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Durchführbarkeit der Modulation von Betriebsmitteln durch die Berechnung des N-Bedarfs nach „guter fachlicher Praxis“ für kleinste teilflächenspezifische Schlag-einheiten im Mais konnte bestätigt werden.

Es zeigen sich dabei ein enormer Aufwand sowohl für die vorbereitende Datenerfassung als auch für die Ableitung der teilflächenspezifisch differenzierten Applikationskarte. Fragen zum Verfahren wie beispielsweise die Ableitung der Ertragserwartung aus der Kombination jährlicher Ertragskarten sind zu diskutieren.

Verbesserungspotenzial liegt in der Umsetzung der Methode über bestehende Schlaggrenzen hinweg (Gewannwirtschaft im Sinne einer virtuellen Flurbereinigung).

Literatur

P. Reidelstürz, F. Juncker-Schwing, J. Recknagel 2003: Fortschrittliche Technologien für die Modulation des Einsatzes von Betriebsmitteln auf Schlagebene und im Gewinn. Erster Zwischenbericht zum Projekt 02 ITADA Arbeitsprogramm III. ITADA Sekretariat: 2 allée de Herrkischem, F-68000 COLMAR (www.itada.org): 93 Seiten.

Kalibration von reflexionsoptischen Sensordaten zur Bonitur von Aufwuchs und Stickstoffaufnahme bei Weizenbeständen

Josef Schächtl & Franz-Xaver Maidl*

Einleitung

Bei der Online-Stickstoffdüngung im Rahmen von Precision Farming wird der aktuelle Zustand des Pflanzenbestandes mit Sensoren bonitiert und als Hilfsmittel bei der Bemessung der notwendigen Düngergabe eingesetzt. Zur Abbildung der N-Versorgung von Weizenbeständen mit reflexionsoptischen Sensoren ist der Hauptwendepunkt (= HWP) der Reflexionssignatur besonders geeignet. Die Reflexionscharakteristik eines Pflanzenbestandes wird allerdings von verschiedenen Faktoren wie Bestandesarchitektur und Bodenreflexion beeinflusst, die standortabhängig variieren und sich im Laufe der Vegetationsperiode verändern. In der vorliegenden Arbeit soll der Einfluss des Messtermins auf die Beziehung zwischen der N-Aufnahme von Weizenbeständen und dem Vegetationsindex HWP auf mehreren Standorten untersucht werden.

Material und Methoden

In elf Parzellenversuchen bei Winterweizen auf verschiedenen Standorten in der Nähe von Freising wurden heterogen versorgte Pflanzenbestände durch bereits zu Vegetationsbeginn abgestufte N-Düngergaben erzeugt. Zu charakteristischen EC-Stadien im Verlauf der Vegetationsperiode (EC 30, EC 32, EC 37, EC 49 und EC 65) erfolgten reflexionsoptische Aufnahmen der Pflanzenbestände mit einem handgehaltenen Spektrosensorsystem. Aus den detektierten Reflexionssignaturen wurde der Vegetationsindex HWP anhand der Formel von Guyot & Baret (1988) ermittelt. Gleichzeitig fand eine Biomassebeprobung statt, wobei der Trockenmasseaufwuchs und mit nasschemischer Analyse nach dem Kjeldahl-Verfahren die N-Konzentration bestimmt wurde. Die Errechnung der N-Aufnahme erfolgte durch Multiplikation der Werte von N-Konzentration und Trockenmasseertrag.

Für alle Messtermine und Standorte wurde mit einem linearen Regressionsansatz ($Y = a + b \cdot x$) die Beziehung zwischen dem HWP (x) und der destruktiv ermittelten Stickstoffaufnahme (Y) errechnet, wobei die Parameter Steigung (b) und Achsenabschnitt (a) besondere Beachtung erlangten.

Ergebnisse und Diskussion

Mit zunehmender Stickstoffanreicherung im Pflanzenaufwuchs war eine Verschiebung der Lage des HWP nach rechts assoziiert. Bei jedem Messtermin auf den einzelnen Schlägen konnte eine sehr enge Beziehung zwischen dem HWP der Reflexionssignatur und der Stickstoffaufnahme der Weizenbestände abgesichert werden. Im Mittel über alle Standorte nahm die Steigung der Regressionsgeraden zwischen HWP und Stickstoffaufnahme der Weizenbestände mit fortschreitender Vegetationsperiode zu (Tab. 1), wobei der größte Anstieg im Verlauf der Schossperiode zwischen EC 32 und EC 37 erfolgte. Analog dazu nahm der Achsenabschnitt der Regressionsgeraden während der Weizenentwicklung ab.

Allerdings waren innerhalb eines EC-Stadiums deutliche Unterschiede in Steigung und Achsenabschnitt der jeweiligen Regressionsgeraden für die einzelnen Standorte

* Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Arbeitsgruppe Pflanzenbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising-Weihenstephan

zu beobachten (nicht dargestellt). Auch Philipps et al. (2004) betonen, dass für verschiedene Standorte eine einzige, den Zusammenhang beschreibende Gleichung nicht möglich ist. Allerdings wurde in den vorliegenden Versuchen auch eine deutliche Variation in Biomasseertrag und Stickstoffversorgung bei den einzelnen EC-Stadien festgestellt. Diese Heterogenität der Aufwuchsleistung in Abhängigkeit von Standort und Jahr stellt folglich eine Einschränkung für die in Tabelle 1 dargestellten stadienspezifischen Regressionsgeraden dar.

Tab. 1: Werte von Steigung (b; [kg N ha⁻¹ nm⁻¹]) und Achsenabschnitt (a; [kg N ha⁻¹]) sowie jeweiliges Vertrauensintervall (95%-VI) bei der linearen Regression zwischen HWP und N-Aufnahme (Mittelwert von 11 Versuchen)

Messtermin	b		a	
	Ø	95 %-VI	Ø	95 %-VI
EC 30	3.52	3.28 - 3.76	-2502	-2674 - -2330
EC 32	6.22	5.92 - 6.51	-4433	-4642 - -4223
EC 37	10.4	9.84 - 10.9	-7415	-7801 - -7030
EC 49	11.9	11.3 - 12.6	-8531	-9002 - -8061
EC 65	12.5	11.8 - 13.1	-8912	-9387 - -8436

Demgegenüber wiesen sowohl die entsprechenden Werte für die Steigungen (Abb. 1) als auch für die Achsenabschnitte (nicht dargestellt) eine enge Beziehung zum mittleren Niveau der N-Aufnahme auf den einzelnen Standorten auf. Durch Kenntnis dieses Parameters wird es möglich, Regressionsgeraden unabhängig vom Entwicklungsstadium und angepasst an die jeweilige Umwelt zu generieren.

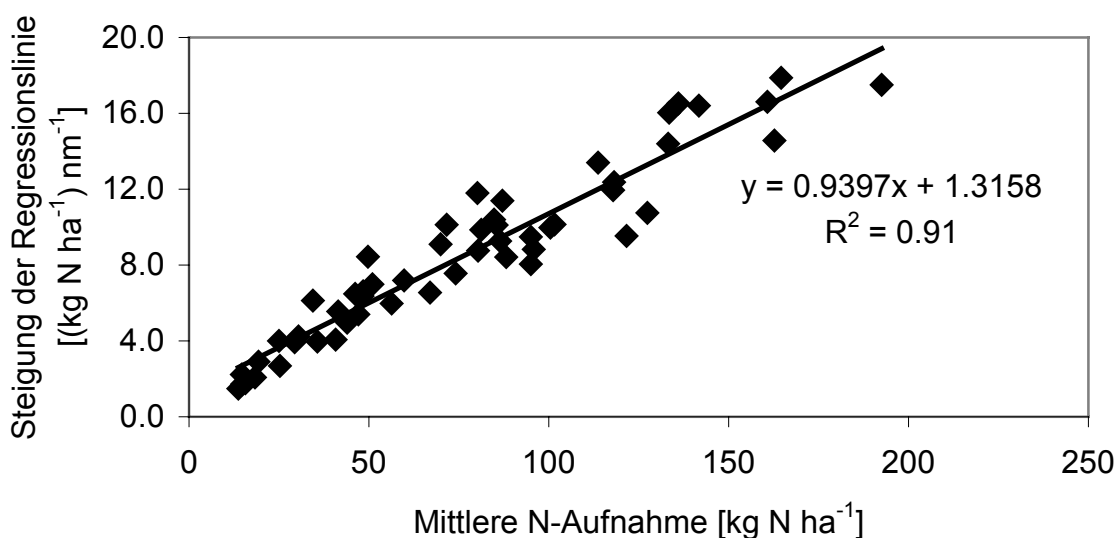


Abb. 1: Beziehung zwischen der Steigung der Regressionsgeraden und dem mittleren Niveau der N-Aufnahme (n = 53)

Literatur

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

Phillips, S.B., D.A. Keathey, J.G. Warren und G.L. Mullins 2004: Estimating winter wheat tiller density using spectral reflectance sensors for early-spring, variable-rate nitrogen applications. Agron. J. 96, 591-600.

Sortenunterschiede bei der Überdauerung von Rapsamen

Sabine Gruber, Carola Pekrun & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Herkömmliche Ansätze zur Verminderung von Durchwuchsrapss bestehen darin, die Pflanzen direkt zu bekämpfen oder mit geeigneten Bodenbearbeitungsmaßnahmen den Aufbau eines Bodensamenvorrats zu verringern, aus dem später Durchwuchsrapss auflaufen kann. Beide Strategien können im günstigen Fall Rapsdurchwuchs effektiv einschränken. Wenn transgener Durchwuchsrapss auftritt, kann allerdings die Schadschwelle deutlich unter der von konventionellem Raps liegen, um das Risiko von Auskreuzung oder Vermischungen im Erntegut und Haftungsansprüche vollständig auszuschließen. Der Anbau von Sorten, die nicht oder nur in geringem Umfang zur Überdauerung neigen, könnte eine weitere Vermeidungsstrategie darstellen.

In unterschiedlichen Versuchsansätzen wurde geprüft, ob Sortenunterschiede in der Überdauerung von Raps vorliegen. Dabei fand methodisch eine fortschreitende Annäherung an Praxisbedingungen statt. Die vorliegende Arbeit zeigt Ergebnisse aus zwei Erntejahren zu Studien zur sekundären Dormanz im Labor und zur Samenüberdauerung unter Freilandbedingungen.

Material und Methoden

Die Versuche erfolgten in den Jahren 2002-2003 und 2003-2004 mit den Winterrapssorten Artus, Bristol, Capitol und Liberator. Im ersten Versuchsansatz („Labor“) wurde in 12×100 frisch geernteten Rapsamen je Sorte unter Trockenstress und Dunkelheit nach der Methode von Gruber et al. (2003) sekundäre Dormanz induziert. Für den zweiten Versuchsansatz („Vergrabung“) wurden 4×500 Samen von jeder der vier Sorten in Stoffsäckchen eingenäht und im August für ein halbes Jahr im Boden vergraben (Gruber et al. 2003). Im Frühjahr wurden die Säckchen ausgegraben und die Zahl der Samen bestimmt, die bis dahin keimfähig überdauert hatten. Auf der Anbaufläche, von der die Samen der vier Rapssorten für die Versuchsansätze „Labor“ und „Vergrabung“ geerntet worden waren, wurde für den dritten Versuchsansatz direkt nach der Rapserte eine flache Stoppelbearbeitung durchgeführt, später gepflügt und Winterweizen gesät (einfaktorielle Blockanlage, 4 Wiederholungen). Kurz vor Beginn der nächsten Vegetationsperiode wurden in einer Tiefe von 0 bis 30 cm Bodenproben gezogen und nach dem Auswaschen die Anzahl der Rapsamen bestimmt, die nach Ausfallverlusten bei der Ernte von rund 2.000 bis 4.000 Samen m^{-2} im Boden überdauert hatten. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Prozedur „Mixed“ in SAS.

Ergebnisse und Diskussion

In allen Versuchsansätzen trat eine sortentypische Variation der Überdauerungsneigung auf (Abb. 1). Im Labor betrug die sekundäre Dormanz mit Material der Ernte 2002 zwischen 19 und 67 % der lebensfähigen Samen. Bei der Vergrabung überdauerten zwischen 17 und 62 % der Samen, und im Feld mit Bodenbearbeitung zwischen 0 und 11 % der ausgefallenen Samen. Im zweiten Versuchsjahr war die Überdauerungsneigung meist geringer als im Vorjahr. Hier betrug die sekundäre

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, 70599 Stuttgart

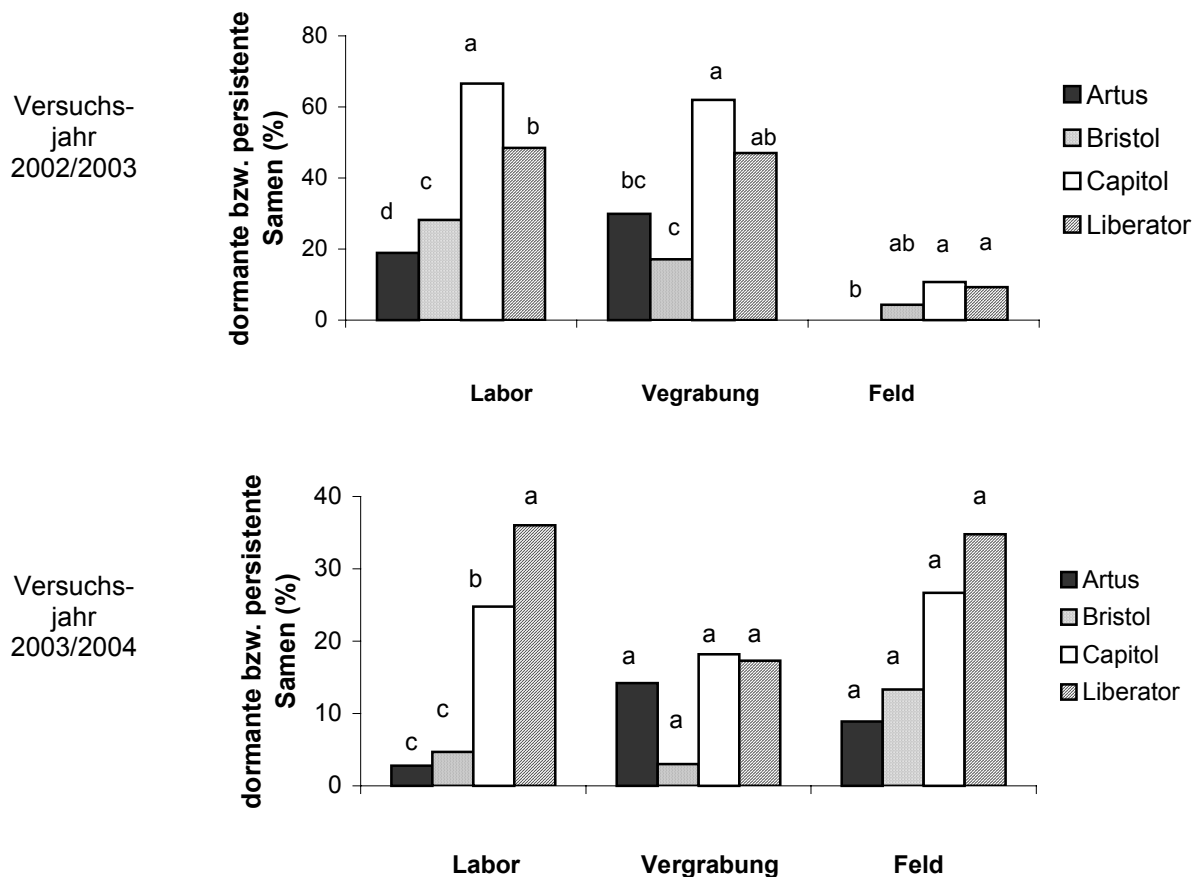


Abb. 1: Anteil dormanter Samen nach Induktion im Labor ('Labor'), Anteil persistenter Samen 6 Monate nach gezieltem Eingraben in den Boden ('Vergrabung') und 6 Monate nach Ausfallverlusten bei der Ernte unter praxismäßiger Bodenbearbeitung ('Feld') bei vier Winter-rapssorten, bezogen auf die jeweilige Ausgangsmenge. Signifikanzen nach t-Test, $p < 0,05$, Buchstabenkennzeichnung nur gültig für den jeweiligen Versuchsansatz.

Dormanz im Labor 3 bis 36 %, und die Überdauerung bei Vergrabung 3 bis 18 % sowie nach Ausfallverlusten unter Praxisbedingungen 9 bis 35 %. Bis auf die Feld- und Vergrabungsversuche im zweiten Jahr mit starken Schwankungen zwischen den Wiederholungen waren die Sortenunterschiede innerhalb der Versuchsansätze teilweise signifikant. Die im Labor relativ hoch dormanten Sorten Capitol und Liberator überdauerten in Freilandversuchen in höherem Maße als die geringer dormanten Sorten Artus und Bristol. Die niedrigere Samenüberdauerung unter Praxisbedingungen lässt sich z.B. auf günstige Keimbedingungen, Verluste durch Prädatoren und den Befall mit Schaderregern zurückführen. Nach den vorliegenden Ergebnissen kann die Labormethode eingesetzt werden, um die Überdauerung von Rapssamen unter Praxisbedingungen einzuschätzen. Dieses Ergebnis bestätigt und ergänzt die Arbeiten von Gruber et al. (2003). Es ist zu erwarten, dass sich durch den Anbau gering dormanter Sorten die Überdauerung von Raps und die Menge an Durchwuchsraps unter Praxisbedingungen reduzieren lässt.

Literatur

Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W. (2003). Sekundäre Dormanz im aktuellen Rapssortiment. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 15, 352–353.

Erfassung der Resistenz/Toleranz gegenüber Blattkrankheiten im Sortenprüfsystem bei Zuckerrüben

Ariane Ossenkop und Erwin Ladewig*

Einleitung

In den vergangenen 10 Jahren nahm die Verbreitung von pilzlichen Blattkrankheiten (*Cercospora*, Mehltau, *Ramularia*, Rost) bei Zuckerrüben zu. Einer der am weitesten verbreiteten Erreger mit dem höchsten Schadpotential ist *Cercospora beticola*; er kann bis zu 30 % Verlust an Bereinigtem Zuckerertrag (BZE) verursachen.

Die Resistenzzüchtung wurde erweitert, so dass seit einigen Jahren für *Cercospora* gering anfällige Sorten in den Wertprüfungen und Sorten Leistungsvergleichen stehen. Mit dem Ziel, die Resistenz und Toleranz der Sorten zu beurteilen, werden die Wertprüfungen seit 2001 und die Sorten Leistungsvergleiche seit 2003 zweifaktoriell (Fungizidbehandlung, Sorte) durchgeführt. In Anlehnung an Aust et al. (1995) wird Resistenz als Grad der Symptomausprägung am Blatt und Toleranz als die Ertragsreaktion auf den Cercosporabefall beschrieben.

Material und Methoden

Die Versuche wurden als Spaltanlagen (ohne/mit Fungizidbehandlung, Sorte) durchgeführt. Die Fungizidbehandlung erfolgte nach Schwellenwert bzw. einmalig bei geringem oder fehlendem Befall. Nach zwei Jahren Wertprüfung (2001, 2002) bietet der Leistungsvergleich Neuer Sorten mit Rizomaniabefall (LNS-R) 2003 mit 19 Sorten das größte Sortiment für eine dreijährige, bundesweite Auswertung. Insgesamt konnten 37 Umwelten für eine Bonitur der Symptomausprägung (Resistenz) und 24 Umwelten für die Ertragsreaktion (Toleranz) gewertet werden. Die Bonitur (1-9; 1 = keine Symptome, 5 = ca. 50 % der Blattfläche befallen, 9 = nahezu abgestorbener Blattapparat) erfolgte zum Zeitpunkt der stärksten Sortendifferenzierung. Dies war je nach Befallsverlauf und Erntetermin der Standorte im September oder Oktober. Als Maß für die Toleranz wurde je Sorte die Differenz im Bereinigten Zuckerertrag zwischen den Behandlungsstufen relativ zur Stufe mit Fungizid (BZE-Verlust) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Eine Sortendifferenzierung in der Symptomausprägung war deutlich erkennbar, die Bonituren variierten zwischen 2,4 und 5,2 (Abb. 1).

Die Interaktion zwischen Sorte und Behandlung war hoch signifikant. Die höchste Toleranz zeigten die Sorten P33 und P18 mit 3,4 und 3,5 % BZE-Verlust, der nicht signifikant war. Demgegenüber betrug der BZE-Verlust bei der Sorte P28 mit der geringsten Toleranz 9,0 %.

Über alle Sorten war die Rangkorrelation zwischen Resistenz und Toleranz mit $r = 0,73$ hoch signifikant. Die meisten Sorten zeigten einen stärkeren Befall am Blatt und wiesen gleichzeitig auch einen überdurchschnittlichen BZE-Verlust auf. Abweichungen von der Sortenrangfolge zwischen Bonitur und Ertragsreaktion fielen vor allem bei den anfälligeren Sorten auf (ab Bonitur 4). Nur bei Sorte P27 war ein sehr geringer Befall am Blatt (2,4) mit einem vergleichsweise hohem BZE-Verlust (7,1 %) verbunden. Dies belegt erstmalig, dass Resistenz und Toleranz gegenüber Blattkrankheiten bei Zuckerrüben nicht in jedem Fall gleichgerichtet sind. Eine ähnliche Divergenz zwischen Resistenz und Toleranz von Sorten beobachtete Müller

* Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, D-37079 Göttingen

(1998) bei Zuckerrüben nematoden (*Heterodera schachtii*) und Lauenstein (1997) bei Kartoffelnematothen (*Globodera* spp.).

Bezogen auf die Nutzpflanze ist es für den Anbauer wichtig, wie stark eine Sorte ertraglich auf den Schaderregerbefall reagiert. Damit kommt der Ermittlung der Toleranz eine besondere Bedeutung zu. Die Beschreibung der Resistenz ist das Maß für die Vermehrung eines Schaderregers auf der Pflanze und der Toleranz nachgeordnet.

Im Vergleich zum Mittel über alle Umwelten trat im Mittel von Umwelten mit stärkerem Befall eine nur geringfügig abweichende Sortenrangfolge auf. Bei Umwelten mit geringem Befall zeigten die Sorten nur tendenziell einen niedrigen BZE-Verlust.

Die Leistung (BZE) der Sorten mit Fungizidbehandlung variierte geringfügig von 12,4 t ha⁻¹ bis 13,5 t ha⁻¹ (Abb. 1). Sorten mit hoher Resistenz und Toleranz (P33, P18, P38, P34, P35) erreichten dabei eine durchschnittliche Leistung. Demgegenüber erbrachten Sorten mit geringer Toleranz (P41, P40, P31, P42, P28) meist eine hohe Leistung.

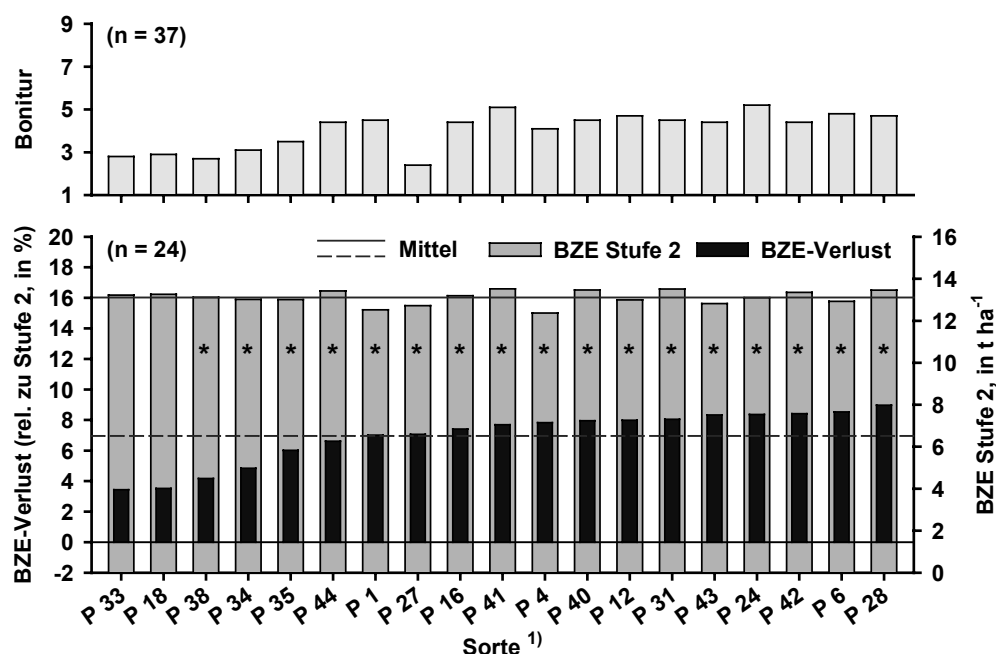


Abb. 1: Bonitur der Symptomausprägung, BZE-Verlust und BZE der Stufe mit Fungizidbehandlung (Stufe 2) von 19 Sorten bei natürlichem Befall im Leistungsvergleich Neuer Sorten mit Rizomaniabefall (LNS-R) 2001-2003. Sortierung: zunehmender BZE-Verlust. ¹⁾ codiert dargestellt. * kennzeichnet einen signifikanten (t-Test, $\alpha < 0,05$) BZE-Verlust der jeweiligen Sorte.

Literatur

- Aust, H.-J.; Buchenauer, H.; Klingauf, F.; Niemann, P.; Pöhling, H.M.; Schönbeck, F. (1991): Glossar Phytomedizinischer Begriffe. In: Schriftenreihe der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft. Ulmer, Stuttgart
- Lauenstein, G. (1997): Untersuchungen zur Resistenz und Toleranz ausgewählter Wirtschaftssorten von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) bei Befall mit Kartoffelnematothen (*Globodera pallida* (Stone, 1973) Behrens), Virulenzgruppe Pa2/3. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz 104 (4), 321-335
- Müller, J. (1998): Resistenz und Toleranz gegen Rüben nematoden (*Heterodera schachtii*) in Zuckerrübensorten. Zuckerindustrie 123 (9), 688-693

In vitro Kontrolle von *Stagonospora nodorum* (Berk.) Castellani & E. G. Germano durch stabilisierte Waidextrakte

Andreas Förtsch*, Karin Förster* und Wulf Diepenbrock*

Einleitung

Mittel auf der Basis pflanzlicher Extrakte oder Zubereitungen können, wie das Pflanzenstärkungsmittel Tillecur zeigt (Spieß 2003), auf der Samenschale anhaftende Pathogene mit ähnlich hohem Wirkungsgrad bekämpfen wie Pflanzenschutzmittel auf der Basis synthetischer Wirkstoffe.

In Untersuchungen von Waidextrakten (Förster und Diepenbrock 2003) hatten sich stabilisierte Extrakte als besonders wirksam gegen *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. erwiesen. Offen war, ob gegen andere samenbürtige Pathogene des Getreides eine ähnlich gute Wirkung erzielt werden kann. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die Wirkung stabilisierter Waidextrakte gegen *Stagonospora nodorum* zu ermitteln.

Material und Methoden

Fermentation: Färberwaid der Ansaat 2003 wurde Anfang August 2003 geerntet, zerkleinert und je 1 kg Waidfrischmasse in einem definierten Verhältnis mit Wasser oder 0,42 molarer Harnstofflösung versetzt. Die Fermentation erfolgte bei 30 °C im Labormaßstab. Die Probenahmeterminale sind Abbildung 1 zu entnehmen.

Wirkungsprüfung: Die Herstellung des Waidextraktags erfolgte wie in Förster und Diepenbrock (2003) beschrieben. Pro Petrischale (Durchmesser 55 mm) wurden an drei Stellen Pyknidien von *Stagonospora nodorum* aufgesetzt und anschließend die Schalen bei 20 °C im Dunkeln inkubiert. Als Kontrolle diente mit deionisiertem Wasser bzw. mit Harnstofflösung zubereiteter Potato Dextrose Agar (39 g l⁻¹; FLUKA). Als Maß für die Aktivität des Extraktags wurde das von den Pyknidien ausgehende Myzelwachstum betrachtet und ab dem zweiten Inkubationstag täglich der Myzeldurchmesser gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich der Fermentationsansätze V1 (Waidfermentation ohne Harnstoffzusatz) und V5 (Waidfermentation mit Harnstoffzusatz) in Abbildung 1 zeigt sowohl die Wirkung der Fermentationsdauer auf die antifungale Aktivität der Extrakte als auch die Bedeutung des Harnstoffzusatzes. Bei Betrachtung des Pilzwachstums auf dem Extraktagar nach zweitägiger Inkubation wird deutlich, dass bei Harnstoffzusatz (V5) eine Fermentationsdauer von vier Tagen ausreichte, um Extrakte mit hoher Hemmwirkung zu erhalten. Diese Extrakte unterbanden das Pilzwachstum sowohl unverdünnt (Abb. 1, links) als auch auf 50 % verdünnt (Abb. 1, rechts) völlig. Die nach vier- und fünftägiger Fermentation ohne Harnstoffzusatz (V1) gewonnenen unverdünnten Waidextrakte verzögerten das Pilzwachstum, konnten es aber nicht völlig hemmen. Wurden sie auf 50 % verdünnt, hatten sie eine sehr geringe antifungale Wirkung (siehe Abb. 1, rechts).

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

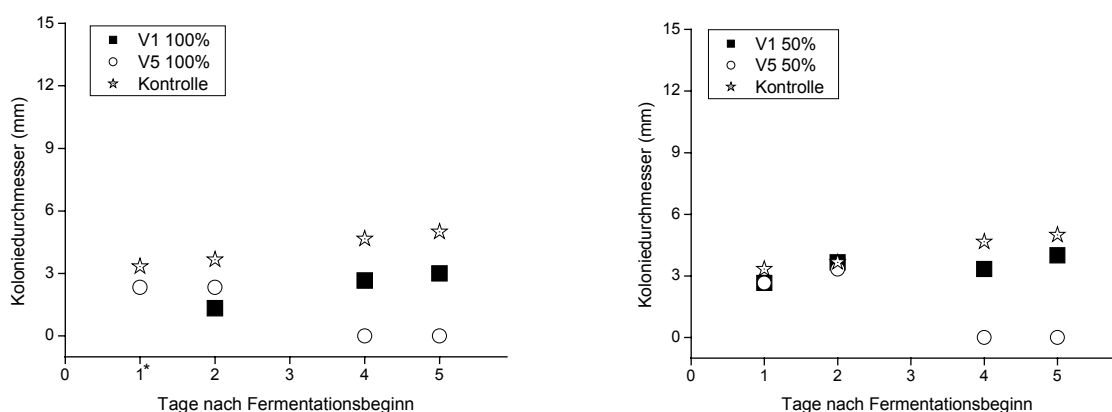


Abb. 1: Mittleres Wachstum von *Stagonospora nodorum* nach zwei Tagen in Abhängigkeit von der Fermentationsdauer

(V1: ohne Harnstoffzusatz; V5: mit Harnstoffzusatz; Inkubationsbedingungen: 20 °C, dunkel, n=3; links: unverdünnter Extrakt, rechts: 50 %iger Extrakt; Kontrolle: PDA; * V1: nicht messbares, beginnendes Pilzwachstum)

Wird die Dauerwirkung (fünftägige Inkubation der Pilze auf dem Extraktagar) betrachtet, ist festzustellen, dass nur die nach vier- und fünftägiger Fermentation mit Harnstoffzusatz gewonnenen, unverdünnten Waideextrakte das Pilzwachstum völlig hemmten. Wurden sie auf 50 % verdünnt, betrug die Wirkung des nach viertägiger Fermentation gewonnenen Extraktes 54 %, die des nach fünftägiger Fermentation gewonnenen Extraktes annähernd 100 %. Bei Verdünnung auf 10 % hemmte der nach fünftägiger Fermentation gewonnene Extrakt das Wachstum noch um ca. 68 %. Die ohne Harnstoffzusatz hergestellten, auf 50 % verdünnten Extrakte beeinflussten dagegen das Pilzwachstum nicht.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass stabilisierte Waideextrakte neben ihrer guten Wirkung gegen *Fusarium culmorum* (Förster und Diepenbrock 2003) auch eine gute Wirkung gegen *Stagonospora nodorum* besitzen. Die Fermentationsdauer sollte unter den hier beschriebenen Bedingungen mindestens fünf Tage betragen. Untersuchungen an infiziertem Saatgut müssen folgen.

Literatur

- Förster, K. und W. Diepenbrock 2003: Erste Ergebnisse zur Wirkung stabilisierter Waideextrakte gegen *Fusarium culmorum*. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 350-351
- Spieß, H. 2003: Stand der Weizensteinbrandbekämpfung im Ökologischen Landbau. 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau: Ökologischer Landbau der Zukunft: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau: 24.-26.2.2003, Universität für Bodenkultur Wien (Ed. B. Freyer), 1. Auflage, Wien, 565-566

Kontrolle samenbürtiger Pathogene des Getreides durch Pflanzenextrakte

Katharina Kuhn, Karin Förster & Wulf Diepenbrock*

Einleitung

Die Bekämpfung samenbürtiger Pathogene des Getreides kann im Gegensatz zum Ökologischen Landbau in allen anderen Anbausystemen durch chemische Beizmittel, physikalische oder biologische Verfahren erfolgen. Bei den nicht-chemischen Saatgutbehandlungsmaßnahmen werden zum Schließen von Wirkungslücken Kombinationen aus physikalischen und biologischen Verfahren erprobt. Hierzu zählen zum Beispiel die Elektronenbehandlung des Saatgutes mit anschließender Antagonistenanlagerung. Im Ökologischen Landbau sind dagegen die Bekämpfungsmöglichkeiten auf wenige Verfahren, z. B. die thermische Behandlung des Saatgutes und die Anwendung von Pflanzenzubereitungen, eingeschränkt. Die Bekämpfungswürdigkeit samenübertragbarer Pilze ist jedoch auch hier gegeben (Leopold 2002).

Pflanzenextrakte oder pflanzliche Zubereitungen können eine Reihe interessanter Wirkstoffe enthalten, die in verschiedenen Formen angewandt werden können. Ihre antimikrobiellen Eigenschaften wurden vielfach in der Volksmedizin seltener in der Saatgutbehandlung ausgenutzt. Mit dem auf der Basis von Gelbsenf und Meerrettich entwickeltem Pflanzenstärkungsmittel Tillecur (Gebr. Schaette) steht z. B. ein sehr wirksames Mittel gegen Weizensteinbrand zur Verfügung (Jahn 2002).

Der Schwarze Holunder (*Sambucus nigra* L.) enthält in seinen Pflanzenteilen eine Reihe sehr interessanter Inhaltsstoffe, die ihn als Untersuchungsobjekt für die Kontrolle samenbürtiger Pilze prädestinieren. Erste an *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. und *Microdochium nivale* (Fries) erzielte Ergebnisse werden vorgestellt.

Material und Methoden

Extrakterstellung: Sie erfolgte unter definierten Bedingungen aus schonend gesammelten Pflanzenorganen des Schwarzen Holunders.

Wirkungsprüfung: Die Extrakte wurden mit dem Extrakt-Agar-Wachstumstest auf ihre antifungale Wirkung geprüft. Potato Dextrose Agar (PDA; FLUKA®) wurde anstelle von Wasser mit Extrakten in abgestuften Konzentrationen gemischt, wie üblich zubereitet und in Petrischalen mit einem Durchmesser von 55 mm gegossen. Der Extraktagar wurde mit der Konidien suspension von *F. culmorum* ($1,76 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$) bzw. von *M. nivale* ($4,4 \cdot 10^5 \text{ ml}^{-1}$) beimpft und sieben Tage bei 20 °C im Dunkeln inkubiert. Das Pilzwachstum wurde täglich gemessen (n=3). Als Kontrolle diente PDA (39 g l^{-1}).

Ergebnisse und Diskussion

In vorhergehenden Untersuchungen pflanzlicher Extrakte hat sich der Extrakt-Agar-Wachstumstest für eine erste Abschätzung der antifungalen Wirksamkeit der Extrakte am Saatgut bewährt. Er wurde deshalb auch für das Screening der Holunderextrakte eingesetzt. In Tabelle 1 werden Ergebnisse vorgestellt, die mit unverdünnten (100 %) sowie auf 50 % und 10 % verdünnten Extrakten erreicht wurden. Neben der unmittelbaren Wirkung von Pflanzenextrakten ist auch ihre Dauerwirkung auf Makrokonidien oder das Pilzmyzel von Interesse. In Tabelle 1 wird

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

deshalb für Extrakte mit unvollständiger Hemmwirkung die Inkubationsdauer angegeben, die bei *F. culmorum* oder *M. nivale* zum vollständigen Zuwachsen der Petrischale führte. Weiterhin ist angegeben, wie viele Extrakte in diesen Untersuchungen eine sehr starke Wachstumsverzögerung (Spalte „nicht erreicht“) zur Folge hatten.

Tab. 1: Antifungale Aktivität der Pflanzenextrakte

Pathogen	Konz. [%]	Kein Wachstum	Anzahl Extrakte						Anzahl geprüfter Extrakte
			Petrischale vollständig zugewachsen nach [d]						
			3	4	5	6	7	nicht erreicht	
<i>F. culmorum</i>	100	6	-	4	-	6	1	2	19
	50	2	-	6	7	3	2	1	21
	10	-	7	9	2	1	-	1	20
<i>M. nivale</i>	100	7	-	4	3	2	-	2	18
	50	1	1	7	4	3	3	1	20
	10	-	5	12	2	1	-	-	20

Die Kontrollen sind nach 3 d zugewachsen.

Die antifungale Aktivität der 21 Extrakte war sehr unterschiedlich. Sechs der 19 geprüften, unverdünnten Extrakte hemmten das Auskeimen der Makrokonidien von *F. culmorum* vollständig. Bei *M. nivale* trat diese Wirkung bei sieben von 18 Extrakten ein. Nach einer Verringerung ihrer Konzentration im PDA auf 50 % zeigten noch zwei gegenüber *F. culmorum* und einer gegenüber *M. nivale* diese Wirkung, das sind immerhin 9,5 % bzw. 5 % der untersuchten Extrakte. Bei den übrigen Extrakten führte eine Verringerung der Konzentration im PDA zu einer deutlichen Abnahme der Hemmwirkung. Mit wenigen Ausnahmen reagierten beide Pilzarten auf die Extrakte gleich.

Nach der Untersuchung paralleler Extraktionsansätze erscheinen einige Extrakte als geeignete Kandidaten für die weiteren Prüfungen, die die Wirkung der Holunderextrakte auf die Keimfähigkeit und den Gesundheitszustand von infiziertem Getreide umfassen werden.

Literatur

- Jahn, M. 2002: Saatgutbehandlung im ökologischen Landbau. Forschungsreport 1: 12-15.
 Leopold, J. 2002: Probleme bei der Erzeugung von Saatgut im ökologischen Landbau. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt 95: 81-86

Saatgutbefall von *Lupinus* sp. mit *Colletotrichum lupini*: Befallsermittlung und nicht-chemische Bekämpfung

J. Poetsch, D. Kauter, W. Claupein*

Einleitung

Die samenbürtige Pilzkrankheit Anthracnose der Lupine (*Colletotrichum lupini*) kann auch bei geringem Ausgangsbefall hohe Bestandes- und Ertragsverluste verursachen, und stellt einen wichtigen Schadfaktor im Anbau von Süßlupinen (*Lupinus albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus*) dar. Insbesondere in der ökologischen Landwirtschaft kann dieses Problem nur durch befallsfreies Saatgut befriedigend gelöst werden. Dazu sind nicht-chemische Saatgut-Behandlungsmethoden zur Bekämpfung des vitalen Erreger-Myceles im Saatgut erforderlich.

Als Voraussetzung dazu stellt sich die Frage nach einer sicheren, praxistauglichen Methode zur Befallsermittlung. Bisher in der Literatur beschriebene Methoden können zu Fehleinschätzungen führen. Konkurrenzbeziehungen zwischen *C. lupini* und anderen im Korn lokalisierten Erregern stellen sich in vitro anders dar als im Pflanzenbestand. Die Beurteilung von Symptomen an Keimlingen ist nicht eindeutig.

Material und Methoden

Ausgehend von den Ergebnissen eines Methodenvergleichs zur Anthracnose-Befallsermittlung an Lupinensaatgut (VDLUFA, 2001), wurden Agar-Methoden zur Identifizierung von *C. lupini* anhand typischer Konidien getestet.

In Anlehnung an die Literatur (Bayer, 1999; Mathur u. Kongsdal, 2000; VDLUFA, 2001) sowie nach eigenen Ansätzen wurden Zusammensetzung des Nährmediums,

Tab. 1: Varianten: Nährmedien, Inkubationsbedingungen, Oberflächendesinfektion

Nährmedien (Zusammensetzung auf 1000 ml dest. H ₂ O)	
NM-1 PDA	39 g PDA (15 g Agar, 20 g Dextrose, 4 g Kartoffelextrakt), 1 g Ochsen-galle; auf pH 5.6 eingestellt
NM-2 PDA, pH 6,8	wie NM-1, auf pH 6.8 eingestellt
NM-3 Nitrat-Agar	wie NM-1 mit Zugabe von 4 g NaNO ₃ je Liter H ₂ O
NM-4 saurer Nitrat-Agar	wie NM-1, jedoch mit Zugabe von 8 g NaNO ₃ je Liter H ₂ O, keine pH-Einstellung, nach dem Autoklavieren 0.25 ml 1n HCl
NM-5 SNA	22 g Agar, 1 g Ochsen-g., 1 g KH ₂ PO ₄ , 1 g KNO ₃ , 0.5 g MgSO ₄ · 7 H ₂ O, 0.5 g KCl, 0.2 g Gluk., 0.2 g Sacchar., 0.6 ml 1n NaOH
NM-6 Pepton-Agar	20 g Agar, 2.8 g Glukose, 3.4 g K ₃ PO ₄ · 3 H ₂ O, 2.5 g MgSO ₄ · 7 H ₂ O, 1 g Pepton, Hefeextrakt (Spuren)
NM-7 Lupinenmehl-Agar	15 g Agar, 25 g Lupinenmehl (handelsüblich), 1 g Ochsen-galle; auf pH 5.6 eingestellt
Inkubationsbedingungen	
IB-1 12 h UV-C + Weißlicht / 12 h dunkel; 20°C	OD-1 10 min in 1%-iger NaClO-Lösung
IB-2 wie IB-1, bei 28°C	
IB-3 wie IB-1, bei 13°C	
IB-4 wie IB-1, Petrischalen mit Parafilm geschlossen	OD-2 10 min in 3%-iger NaClO-Lösung
IB-5 24 h UV-A, 20°C	OD-3 40 sek in 70%-igem Ethanol
IB-6 16 h Weißlicht / 8 h dunkel; 20°C	

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Inkubationsbedingungen sowie Oberflächendesinfektion des Saatgutes zur Ausschaltung von Störorganismen variiert (Tabelle 1). Grundsätzlich wurden dem Nährmedium je Liter nach dem Sterilisieren 10 ml 0,1%-ige Chlortetracyclinlösung als Antibiotikum zugesetzt.

Es wurden entweder je Variante 200 Lupinenkörner inkubiert oder in vorherigen Versuchsreihen gefundene Pilze auf ein neues Nährmedium überimpft, um die spezifische Eignung von Nährmedium und Inkubationsbedingung für *C. lupini* und andere Pilze zu vergleichen.

Als Versuchsmaterial diente Erntegut (*L. albus* var. *Fabiola* u. *Arès*) aus anthracnosebefallenen Versuchspartien vom Vorjahr, sowie Material aus einer wegen Anthracnose aberkannten Saatgutpartie (*L. angustifolius* var. *Bolivio*).

Ergebnisse und Diskussion

Ohne UV-Licht erfolgt keine schnelle Sporulation von *Colletotrichum lupini* (IB-6). Bei Temperaturen von 20°C erfolgt ein zügigeres Wachstum des Mycel als bei 13°C oder 28°C (IB-1 bis IB-3). Zwischen den Inkubationsvarianten IB-1, IB-4 und IB-5 konnte kein Unterschied festgestellt werden.

Nachteilige Effekte einiger Nährmedien sind stark verzögertes Wachstum von *C. lupini* (NM-5, NM-6) sowie eine die Auswertung erschwerende Trübung des Mediums (NM-6, NM-7). Die Zugabe von NaNO₃ führt zu stärkerer Konidienbildung und deutlicherer Pigmentierung von *C. lupini*. Ein höherer pH-Wert fördert Störerreger, während bei niedrigem pH-Wert *C. lupini* nur geringfügig, häufig gefundene Saprophyten hingegen stärker gehemmt werden. NM-4 hat sich somit als günstigstes Nährmedium für die Untersuchung auf *C. lupini* erwiesen.

Ohne hinreichende Oberflächendesinfektion des Kornes wird *C. lupini* in vitro durch Saprophyten unterdrückt, während eine zu starke Oberflächendesinfektion *C. lupini* selbst reduziert. Beide Effekte führen zu einer Unterschätzung des tatsächlichen Befalls. In einer Versuchsreihe führte bei verschiedenen Saatgutproben einmal OD-1 und einmal OD-3 zum höchsten Befallsergebnis. Dies kann durch eine unterschiedliche Lokalisation und Vitalität des Erregers im Korn erklärt werden, stellt jedoch in Frage, ob es eine ideale Methode der Oberflächendesinfektion gibt.

In den Versuchsreihen wurde z.T. eine starke Sporulation auf den Lupinensamen beobachtet. Daher werden weitere Methoden geprüft, die eine Sporulation samenbürtiger Erreger direkt auf keimendem Saatgut herbeiführen und so die Befallssituation in einem Lupinenbestand zuverlässig wiedergeben.

Mittels künstlicher Infektion eines Lupinenbestandes wird befallenes Material hergestellt, mit dem die bisherigen Ergebnisse verifiziert und Methoden, den Anthracnose-Erreger im Korn zu bekämpfen, untersucht werden. Ansätze hierfür sind die Simulation der als erfolgreich beschriebenen Saatgutüberlagerung, intensive Trocknung, die Stimulation des im Korn befindlichen Pilzmycel unter ungünstigen Bedingungen, intensive UV-Bestrahlung sowie der Einsatz mikrobieller Antagonisten des Schaderregers.

Literatur

- Bayer AG, 1999: Erkennen und Bestimmen samenübertragbarer Pilze. Pflanzenschutznachrichten, Sonderausgabe, nach Rémi Champion (franz. Originalausgabe, 1997)
- Mathur, S.B.; Kongsdal, O., 2000: Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi. Danish government institute of seed pathology for developing countries, Copenhagen
- VDLUFA 2001: Methodenvergleich zur Bestimmung des Anthracnosebefalles bei Lupinensaatgut. Ringversuch, Projektgruppe Anthracnose der VDLUFA-Fachgruppe IV Saatgut

Schaetzung der genetischen Parameter bei Reis (*Oryza sativa* L.) mit Diallelkreuzungsmethoden

Rahim Honarnejad*

Einleitung

Fuer die Zuechtung ertragreicher Sorten von Kulturpflanzen sind umfassende Informationen ueber die genetische Struktur der Elternsorten und die Kombinationseignung ihrer Eigenschaften unerlaesslich. Diese werden wiederum durch die quantitativ genetischen Methoden, u.a. Diallelkreuzungen ermittelt.

Die Grundlagen fuer solche Kreuzungen wurden von Jinks und Hayman (1953), Hayman (1954 a, b) und Griffing (1956, a, b) um 1950 erarbeitet und seit dem in vielen Kulturpflanzen mit Erfolg angewendet. Dabei wurden wertvolle Informationen gewonnen.

Die Diallelkreuzungen sind eine von den gebrauchlichsten und wichtigsten Kreuzungsmethoden fuer die Schaetzung von genetischen Parametern (theoretische Aspekte der Diallelkreuzungen), sowie der Kombinationseignung der Linien (praktische Aspekte der Diallelkreuzungen).

Die Ermittlung der Kombinationseignung der Linien ist bei der Erzeugung von Hybridsorten von besonderer Bedeutung. Es gibt zwei Arten von Kombinationseignungen: Allgemeine- (GCA) und Spezifische Kombinationseignung (SCA). Diese beiden Arten von Kombinationseignungen sind mit Diallelkreuzungen schaeetzbar (Griffing, 1956, a, b).

Die Anwendung der Diallelmethoden beim Reis ist sehr verbreitet und sie wurden in vergangenen Jahren im Iran zwecks Schaetzung der Kombinationseignung der Eigenschaften, sowie der Geneffekte, die diese Eigenschaften kontrollieren, angewendet (Honarnejad, 1994, 1996, 1999).

Material und Methoden

Sechs iranische Reissorten mit den Namen Binam, Domsijah, Schahpasand, Sepidrud, Khazar und Valed 46 wurden im Institut fuer Reiserforschung in Rascht, Iran in einem vollstaendigen Diallelkreuzungsplan miteinander gekreuzt und die Eltern, sowie ihre Nachkommenschaften in einer Blockanlage mit drei Wiederholungen angebaut. Die Teilstueckgroesse betrug 5 x 0,75 m und der Pflanzenabstand 0,25 x 0,25 cm (60 Pflanzen pro Parzelle).

Mit Hilfe der Diallelvarianztabelle wurden die Additiv- bzw. Dominanzvarianzen von GCA- und SCA-Varianzen errechnet. Diese wurden wiederum fuer die Errechnung von Heritabilitaet der Eigenschaften, die den Anteil von Additivvarianz in gesamtgenetischen Varianz angibt, herangezogen.

Ebenfalls wurde der mittlere Dominanzgrad von der Relation der Dominanzvarianz zur Additivvarianz ermittelt. Die Analysen wurden mit dem Programm "Diallel" durchgefuehrt.

Ergebnisse und Diskussion

Die einfache Varianzanalyse jeder der vier Diallelmethoden von Griffing (1956 a, b) bei Kornertrag pro Pflanze und anderen Merkmalen zeigten signifikante Unterschiede

* Professor, University of Guilan, College of Agriculture, P.O.Box 3179, Rasht, Iran.
E-mail: r_honarnejad@yahoo.com

zwischen den Genotypen. So ist es anzunehmen, dass das genetische Potential von Genotypen hinsichtlich des Kornertrages unterschiedlich ist.

Die Varianzanalyse der Kombinationseignungen zeigte, dass in allen vier Diallelmethoden allgemeine Kombinationseignung (GCA) der Linien fuer alle Merkmale statistisch gesichert sind. Dies zeigt die Bedeutung der Additivvarianz in der Formation dieser Merkmale.

In Methoden I und III von Griffing war die Spezifische Kombinationseignung (SCA) aller zu untersuchenden Eigenschaften signifikant, aber in Methoden II und IV zeigten die Merkmale Tausendkorngewicht und Anzahl der Bestockungen pro Pflanze keine signifikante SCA. Diese Ergebnisse zeigten, dass fuer die meisten zu untersuchenden Eigenschaften neben Additivvarianz auch Dominanzvarianz von Bedeutung ist.

Die Unterschiede zwischen einfachen- und reziproken Kreuzungen in Methoden I und III wurden geprueft. Dabei kam heraus, dass in Methoden I und III alle zu untersuchenden Merkmale bis auf die Anzahl der leeren Koerner in der Rispe und die Relation von Laenge zur Breite des Braunreises statistisch gesichert ist. Die signifikanten Unterschiede von einfachen- und reziproken Kreuzungen koennen auf die zytoplasmatischen Effekte der Mutterlinien hindeuten. Allerdings sind solche Unterschiede in Griffings Methoden kein eindeutiger Beweis fuer die muetterlichen Effekte und fuer ihre Pruefung ist die Methode von Hayman (1954) besser geeignet, da in dieser Methode die Effekte der Reziprokkreuzungen in Effekte der muetterlichen Linien (c) und nichtmuetterlichen Effekte (d) zerteilbar, und auf diese Weise die muetterlichen Effekte direkt nachweisbar sind.

Aufgrund der negativen Schaetzung der Additivvarianz fuer die Merkmale "Anzahl der vollen Koerner pro Rispe" und "Tage bis Vollreife der Koerner" (Ausnahme: die Methode II von Diallel) wurde die Schaetzung von durchschnittlichem Dominanzgrad, der die Relation von Dominanz- zur Additivvarianz angibt, fuer die genannten Merkmale negativ ermittelt. Der durchschnittliche Dominanzgrad in allen vier Methoden deutete fuer Merkmale wie "Kornertrag pro Pflanze", "Anzahl der leeren Koerner pro Rispe", "Rispenlaenge", "Anzahl der Tage von der Transplantation bis zum Rispenschieben" auf Ueberdominanz mit verschiedenen Graden hin, waehrend er fuer Merkmale wie "Tausendkorngewicht", "Anzahl der Bestockungen pro Pflanze und Pflanzenhoehe", je nach Diallelmethode zwischen Partialdominanz und Ueberdominanz schwankte.

Literatur

- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Aust. J. Biol. Sci. 9 : 463-493.
- Honarnejad, R. 1994. Genetical characteristics and combining ability of six Iranian rice cultivars (*Oryza sativa* L.). Iranian J. Agric. Sci. 25(4): 31-50.

Ammonium-Injektionsdüngung bei Silomais

*Frank Höppner

Einleitung

Bei der Injektionsdüngung wird der in einer Lösung vorliegende Stickstoff als hochkonzentriertes Ammoniumdepot mit spezieller Injektionstechnik im Wurzelraum von Pflanzen appliziert. Die Pflanzenwurzeln wachsen in das Depot und nehmen das Ammonium direkt auf. Dies setzt voraus, dass von der Pflanze Kohlenhydrate in den Wurzelspitzen bereitgestellt werden (Sommer 2003). Beim Mais könnte durch den zur Stängelbasis gerichteten Assimilatfluss bewirkt werden, dass neben dem obersten Kolben noch weitere Kolben bestäubt und gefüllt werden, wenn sie denn auch zum gleichen Zeitpunkt blühen. Folglich würde eine energiereichere Maissilage erzeugt werden können. In einem Feldversuchsansatz wurde geprüft, ob bei Silomais durch Ammoniumdepotdüngung eine Mehrkolbenbildung erzielt werden kann.

Material und Methoden

In den Jahren 2002 und 2003 wurde Silomais (10 Pfl./m²) auf anlehmigen Sand in einer randomisierten Blockanlage mit zwei Wiederholungen angebaut. Variiert wurden die Düngungsverfahren „Kalkammonsalpeter gestreut“ (KAS) und „Alzon-Sternradinjektionsdüngung“ (Alzon). Alzon ist ein Flüssigdünger mit einem Nitrifikationshemmstoff. Als Maissorte diente Oldham, welche in der Regel bei dominierter Nitraternährung zwar zwei Kolben ansetzt, jedoch nur einen füllt. Die Düngungshöhe betrug ortsüblich 150 kg/ha. Im Jahr 2003 wurde zusätzlich zum Düngungsverfahren innerhalb der Injektionsvariante eine Erhöhung der Düngung in den Stufen 200, 250 und 300 kg/ha geprüft, da für eine Mehrkolbenbildung eine höhere Stickstoffmenge als üblich benötigt wird (Sommer, 2002). Die Aussaat erfolgte am 8.5.2002 und 28.4.2003, die Ernte von jeweils 20 Pflanzen wurde zur Silierreife am 26.9.2002 und 8.9.2003 durchgeführt. Während der Pflanzenentwicklung wurde der Blühbeginn bonitiert. Unmittelbar nach der Ernte wurden im zweiten Versuchsjahr mehrmals Bodenproben bis zu einer Tiefe von 60 cm zur N_{min}-Bestimmung genommen.

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den beiden Düngungsverfahren zeigte die Bestandesentwicklung der Maissorte Oldham in beiden Versuchsjahren keine Unterschiede. Auch setzte die weibliche Blüte zum gleichen Zeitpunkt ein (2002: 28.07., 2003: 16.07). Aufgrund der wärmeren Temperaturen war der Blühbeginn 2003 12 Tage früher und die Silierreife des Mais wurde früher erreicht. In beiden Versuchsjahren konnte im Gegensatz zu Sommer et al. (2002) mit der Ammoniumdepotdüngung als auch mit der Ammoniumdüngungssteigerung keine Mehrkolbenbildung erreicht werden. Es wurde beobachtet, dass Maispflanzen zwar vermehrt einen zweiten Kolben ansetzten, eine Füllung jedoch nicht stattfand. Der zweite Kolben wurde immer etwas später gebildet, schob damit offensichtlich die Narbenfäden zu spät, so dass keine Befruchtung mehr erfolgen konnte. Während 2002 der Alzon-gedüngte Mais im Ertrag niedriger lag als der KAS-gedüngte Mais, erreichte er dagegen 2003 einen um 13,8 % höheren Ertrag, allerdings nicht signifikant (Tab. 1). Auch erzielte der Alzon-gedüngte Mais

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

eine höhere Wuchshöhe und war augenscheinlich im Habitus kräftiger und grüner. Höhere Fusariumboniturwerte bei KAS 150 im Vergleich mit Alzon 150 wurden im Jahr 2003 durch höhere Fusarientoxinwerte (Deoxynivalenol) gestützt (Oldenburg, 2003). Die höheren Alzondüngungsvarianten schnitten trotz sichtbar geringerem Befall in den Gehalten nicht besser ab als bei KAS 150. Wahrscheinlich ist der Befall erst später erfolgt, so dass dieser noch nicht optisch erkennbar war und sich somit nicht negativ auf den Ertrag ausgewirkt hat.

Tab. 1: Ertragsparameter, Inhaltstoffe und Stickstoffentzug von der Silomaisgesamtanlage in Abhängigkeit vom Düngungsverfahren sowie der Düngungshöhe

Düngungs- verfahren	TS (%)	TM (dt/ha)	Kolbenanteil (%)	Stärke (%)	N (%)	N-Entzug (kg/ha)
2002						
KAS 150	30,7 a	183,0 a	61,2 a	32,8 a	1,17 a	214,5 a
Alzon 150	33,9 a	168,6 a	64,4 b	37,3 a	1,24 a	209,2 a
2003						
KAS	35,5 a	198,8 a	57,3 a	31,5 a	1,11 a	221,1 a
Alzon 150	34,9 a	225,5 a	57,7 a	32,5 a	1,08 a	243,4 a
Alzon 200	35,3 a	235,8 a	56,5 a	33,4 a	1,13 ab	265,4 a
Alzon 250	33,3 a	230,6 a	58,3 a	34,7 a	1,16 bc	267,2 a
Alzon 300	34,8 a	214,6 a	57,9 a	35,5 a	1,22 c	260,8 a

verschiedene Buchstaben = signifikant ($p < 0.05$; Tukey-Test)

Die im Jahre 2003 höheren Alzon-Gaben führten zu keinen höheren Erträgen und Stickstoffentzügen (Tab. 1). Leicht signifikante Zunahmen gab es nur bei den Stickstoffgehalten. Es wurde vermutet, dass Reststickstoff im Boden verblieben ist. Insbesondere bei den Düngungsstufen Alzon 250 und Alzon 300 wurde ein Anstieg der N_{\min} -Mengen in einer Bodenschicht bis 60 cm Tiefe nach Zerschlagung der Ammoniumdepots durch einen Bodenbearbeitungsgang beobachtet (Tab. 2). Im Frühjahr war dieser Stickstoff schon in tiefere Schichten verlagert. Bei Ammoniumdepotdüngung ist die Düngungsmenge so zu bemessen, dass die Depots zur Ernte möglichst leer sind, da ansonsten der Reststickstoff der Auswaschung unterliegen kann.

Tab. 2: N_{\min} -Gehalte im Boden, vor (vBB) und nach (nBB) der Bodenbearbeitung

Düngungs- verfahren	N_{\min} -Gehalte (0-60 cm)			
	vBB	nBB	nBB	nBB
	17.09.2003	14.10.2003	3.12.2003	18.02.2004
	(%)	(dt/ha)	(%)	(%)
KAS 150	18,6	30,4	34,5	9,7
Alzon 150	19,5	46,0	55,9	11,2
Alzon 200	22,4	41,1	52,2	10,1
Alzon 250	25,4	39,4	83,5	10,0
Alzon 300	33,2	197,8	96,8	10,5

Literatur

- Sommer, K., 2003: Grundlagen des „Cultan“-Verfahrens. Landbauforschung Völkenrode SH 245, 1-22.
 Sommer, K., 2002: persönliche Mitteilung.
 Sommer, K., Scherer, H.W. und A. Kuhnert, 2002: CULTAN-Verfahren beim Mais. Mais, Heft 1, 20-23.
 Oldenburg, E. 2003: persönliche Mitteilung

Workshop „Ammoniumdepot-Düngung“

*Martin Kücke, Gerd Rühl, Andreas Bramm, Frank Höppner, Ute Menge-Hartmann, Siegfried Schittenhelm, Jörg-Michael Greef

Einführung

Ziel des CULTAN-Verfahrens (**C**ontrolled **u**ptake **l**ong-term **a**mmonium **n**utrition) nach SOMMER (1990) ist die Stickstoffernährung der Kulturarten mit Ammonium. Mit den konventionellen Düngeverfahren, bei denen die N-Düngemittel als Nitrat, Ammonium und/oder Harnstoff breitflächig auf die Bodenoberfläche ausgebracht werden, gelingt das nicht, da diese N-Formen auf dem Weg von der Bodenoberfläche zur Wurzel vollständig zu Nitrat umgewandelt werden.

Bei dem CULTAN-Verfahren erfolgt die N-Düngung der Kulturpflanzen im Frühjahr in einer einzigen Gabe mit NH_4 -haltigen Düngeflüssigkeiten. Alternativ zu Ammoniaklösungen und Ammoniumsulfatlösungen sind auch Ammonium-Harnstoff-Lösungen im Einsatz, die mit speziellen Injektionsgeräten in den Wurzelraum der Pflanzen injiziert werden. An den Injektionsstellen bilden sich „hot spots“ – sogenannte „Depots“ – mit hoher Ammoniumkonzentration. Diese hohe Konzentration ist toxisch für Bodenmikroorganismen und Pflanzenwurzeln. Ein Teil der Wurzeln wächst zu diesen Depots und bildet um die Depots dichte Wurzelfilze aus. Aus den Randbereichen der Depots nimmt die Pflanze Ammonium auf, noch bevor es nitrifiziert werden kann. Unter diesen Voraussetzungen ist der Kontakt des gedüngten Ammoniums mit den Wurzelsystemen der Pflanzen sehr gering. Das angebotene Ammonium wird nur aufgenommen, wenn aus dem Spross Kohlenhydrate zur unmittelbaren Aminierung angeliefert werden. Die N-Versorgung der Kulturpflanzen erfolgt nach diesem Verfahren somit bedarfsgerecht, während es bei Nitratversorgung zur Akkumulation von Nitrat in den Vakuolen der Zellen kommt, wenn zuviel Nitrat aufgenommen wird. SOMMER (2001) bezeichnet diese Art der N-Versorgung als „wurzeldominant“, die über Nitrat als „sprossdominant“.

Nach SOMMER ist die Effizienz der Ausnutzung des Düngerstickstoffs, wenn der den Pflanzen als Ammonium nach dem CULTAN-Verfahren angeboten wird, deutlich höher als konventioneller breitwürfiger Applikation auf die Bodenoberfläche, was sich in einigen Feldversuchen tendenziell bisher bestätigt. Da überwiegend mit Nitrat gedüngt wird, ist die Gefahr der Frühjahrsauswaschung von Düngerstickstoff reduziert, ebenso sind, wie Modellversuche zeigen, die Ammoniakverluste an die Atmosphäre signifikant niedriger als bei oberflächlicher Ausbringung von N-Flüssigdüngern. Versuchsergebnisse aus Baden-Württemberg, nach denen im Gemüse- und Getreideanbau die Nitrat- und Ammoniumauswaschung mit dem CULTAN-Verfahren gegenüber konventioneller Düngung mit Festdüngern deutlich reduziert werden kann, liegen vor.

Mittlerweile haben 2002 und 2004 in der FAL 2 gut besuchte und viel beachtete Workshops zu dem Thema „Ammonium-Depotdüngung: Ergebnisse, Erfahrungen, Perspektiven“ stattgefunden.

Die Entwicklung des „CULTAN“-Verfahrens ist jedoch keineswegs abgeschlossen, weshalb weitere Forschungsarbeiten erforderlich sind. Leider setzen Feldversuchsanstellungen zu diesem Verfahren das Vorhandensein spezieller Versuchstechnik voraus, die nur in sehr wenigen Forschungseinrichtungen

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

vorhanden ist, so dass die für eine weitere Verbreitung des Verfahrens und für die Officialberatung erforderlichen standort- und kulturartspezifischen Versuchsdaten bisher nur sehr lückenhaft vorliegen.

Während dieses Workshops werden die Wissenschaftler des Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, die seit 2001 Untersuchungen zu Fragen des CULTAN-Verfahrens durchführen, Versuche vorstellen und über bereits vorliegende Ergebnisse berichten. Vorgestellt werden Feldversuche zu unterschiedlichen Ackerkulturen als auch Gefäßversuche zu pflanzenphysiologischen Auswirkungen der Ammoniumernährung. Auch Wissenschaftler von anderen Forschungseinrichtungen werden ihre Versuchsergebnisse präsentieren. Des weiteren werden Lohnunternehmer und Praktiker, die mit dem Verfahren arbeiten, über ihre praktischen Erfahrungen berichten. Neben ackerbaulichen Aspekten sollen auch ökologische, ökonomische und technische Gesichtspunkte diskutiert werden.

Literatur

Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN) – Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen.
Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 245, 139 S, 2003

Gefäßversuche zur Ammonium-Injektionsdüngung

U. Menge-Hartmann und S. Schittenhelm*

Einleitung

Die Umstellung der N-Ernährung von konventioneller Nitratdüngung zu punktueller Ammonium-Injektionsdüngung zielt längerfristig auf eine Verringerung des N-Pools im Boden ab. Bei den Pflanzen führt sie zu morphologischen und physiologischen Veränderungen. Nach Beobachtungen von Forschern (Sommer, 2000) und Praktikern ist mit Ammonium gedüngtes Getreide durch eine aufrechtere Blatthaltung, kürzere Halme, eine intensivere Grünfärbung sowie eine Seneszenz-Verzögerung gekennzeichnet. Diese Veränderungen könnten sich durch verbesserte Lichtabsorption und -nutzung bzw. einen höheren Ernteindex vorteilhaft auf die Ertragsbildung auswirken. Zur Klärung dieser Fragen wurden in Gefäßversuchen mit Sommergerste und Sommerweizen verschiedene morphologische und physiologische Parameter untersucht.

Material und Methoden

Die Gersten- (Sorte Maresi) und Weizenpflanzen (Sorte Vinjett) wurden in 90 L Gefäßen mit nährstoffarmer Mischung aus je einem Drittel Oberboden, Unterboden und Sand in einer Vegetationshalle angezogen. Die Versuche waren als zweifaktorielle (N-Düngung, Erntezeitpunkt) vollständig randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Der Pflanzenabstand betrug 5×5 cm. Die N-Varianten waren: 3 bzw. 4 g $\text{NO}_3\text{-N}$ pro Gefäß, 3 bzw. 4 g $\text{NH}_4\text{-N}$ pro Gefäß sowie eine Kontrolle ohne N-Düngung. Das $\text{NO}_3\text{-N}$ wurde zum Zeitpunkt der Aussaat auf die Bodenoberfläche verteilt, wohingegen das $\text{NH}_4\text{-N}$ bei der Gerste im 2-Blattstadium (EC 12) bzw. bei Weizen zur Aussaat an fünf Punkten etwa 7 cm tief als hochkonzentrierte Lösung $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ injiziert wurde. Es wurden fünf Zeiternten durchgeführt und die Biomasse- und Blattflächenentwicklung verfolgt, die Nettophotosyntheserate, die vertikale Verteilung der photosynthetisch aktiven Strahlung gemessen, die Gehalte an P, K, Ca sowie Mg, von Chlorophyll, gesamt N, Nitrat-N, Ammonium-N, Protein und gesamt wasserlöslichen Kohlenhydraten bestimmt, die Aktivität von Nitratreduktase und Glutaminsynthetase ermittelt, sowie die Blattstrukturen untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Sommergerste zeigte unter NH_4 -Ernährung im Vergleich zu NO_3 -ernährten Pflanzen und zur Kontrolle einen signifikant höheren Kornertrag, der durch eine höhere Anzahl Ähren pro Pflanze, sowie höhere Anzahl Körner pro Ähre bedingt war. Die postulierte höhere photosynthetische Aktivität von Ammonium- gegenüber Nitrat-ernährten Pflanzen ließ sich bestätigen. Im Stadium EC 75 hatten die NH_4 -ernährten Pflanzen auf den verschiedenen Blattetagen höhere lichtgesättigte Nettophotosyntheseraten als die NO_3 -ernährten Pflanzen und die Kontrollpflanzen. Weiterhin zeigten die NH_4 -gedüngten Pflanzen eine erkennbar stärker erektophile Blatthaltung. Diese Beobachtung steht im Einklang mit den zum Zeitpunkt EC 77 untersuchten vertikalen Verteilung der photosynthetisch aktiven Strahlung. In der NH_4 -Variante drang das Licht tendenziell tiefer in den Bestand ein.

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Bei Sommerweizen erbrachten die NH_4 -ernährten Pflanzen einen um 23,4% höheren Kornertag als die NO_3 -ernährten Pflanzen. Dieser höhere Ertrag war das Ergebnis einer höheren Ährendichte (+13,7%) und einer höheren Tausendkornmasse (+6,7%). Im Gegensatz zur Sommergerste wurden keine wesentlichen Unterschiede in der Lichtverteilung im Bestand beobachtet. Bei beiden Pflanzenarten hatten die Blätter unter NH_4 -Ernährung einen niedrigeren Wassergehalt als bei NO_3 -Ernährung, pro Haupttrieb eine niedrigere Frisch- und Trockenmasse, sowie eine kleinere photosynthetisch aktive Fläche.

Während bei Gerste mit der höheren photosynthetischen Aktivität der NH_4 -Variante auch ein höherer Chlorophyllgehalt einherging, unterschieden sich die N-Varianten bei Weizen in diesen Parametern nicht. Bei beiden Arten wurden bei NH_4 -Ernährung jedoch auf den unteren Blattetagen länger höhere Chlorophyllgehalte beobachtet, ein Indikator für die postulierte verzögerte Seneszenz. Möglicherweise als Folge der verlängerten photosynthetischen Aktivität der NH_4 -Variante, akkumulierten in den Stängeln der Gerste zur Milch- und Teigreife mehr Saccharose und gesamt wasserlösliche Kohlenhydrate. Diese in den vegetativen Pflanzenteilen gespeicherten Kohlenhydrate können in Zeiten nachlassender Photosynthese, in denen auf Saccharose-Zwischenspeicher im Stängel zurückgegriffen werden kann, direkt zur Kornertagsbildung beitragen und zur Ertragsüberlegenheit der NH_4 -Variante geführt haben.

Der bei NH_4 -Ernährung postulierte höhere gesamt-N-Gehalt war zum Schossen und Ährenschieben bei Gerste lediglich tendenziell zu beobachten, bei Weizen war er jedoch niedriger als bei der NO_3 -Variante. Der bei beiden Arten zum Bestocken beobachtete höhere Gesamt-N-Gehalt der NO_3 -Varianten war durch eine insbesondere bei Weizen hohe Nitrat-Akkumulation bedingt. Aber auch in den NH_4 -Varianten fand sich in diesem Stadium sowohl im Pseudostängel als auch im Blatt (besonders bei Weizen) ein relativ hoher Nitrat-N-Gehalt, der bis zu 40% des Gehalts der NO_3 -Variante betragen konnte. Dies war möglicherweise dadurch bedingt, dass die NH_4 -Depots beim Weizen direkt zur Aussaat appliziert wurden und ihre periphere Nitrifikation bereits deutlich vorangeschritten war. Das in den Blättern der NH_4 -Varianten akkumulierte Nitrat erwies sich als physiologisch wirksam, wie sich in einer gegenüber der Kontrolle erhöhten Nitratreduktase-Aktivität zeigte, die etwa halb so hoch war wie die der NO_3 -Variante. Auf eine Ammonium-Assimilation durch die Wurzeln deuten bei der NH_4 -Variante des Weizens u.a. die postulierten höheren Gehalte an löslichen N-Verbindungen im Stängelgewebe sowie im Stängelsexudat hin. Bei einer frühen NH_4 -Depot-Applikation findet offensichtlich eine Mischernährung aus NH_4 -N und NO_3 -N statt, während eine spätere Applikation zu einer stärkeren Betonung der NH_4 -Ernährung führen kann.

Literatur

Sommer, K., 2000: "Cultan" cropping system: fundamentals, state of development and perspectives. In: M.A. Martins-Loução and S.H. Lips (Eds.) Nitrogen in a sustainable ecosystem: from the cell to the plant. Backhuys Publishers, Leiden, Niederlande, pp. 361-375.

Autorenverzeichnis

Abd-El-Motagally, F.	91	Förster, Karin	291, 293
Abraham, J.	49	Förtsch, A.	291
Adamiak, J.	179, 197, 199	Freydank, S.	71, 73
Aigeltinger, R.	157	Freyer, B.	
Aulich, Sabine	265	25, 43, 67, 145, 147, 155, 219
Baatar, U.O.	221	Friedel, J.K.	25, 39, 43, 67, 155, 219
Banzhaf, Katja	211, 231	Friedt, W.	133
Baresel, J.-P.	125	Frühauf, Cathleen	97
Basigkow, D.	101	Funk, R.	133
Bastiaans, L.	6	Gabler, C.	147
Benkstein, B.	79, 171	Gans, W.	189
Bilau, A.	135	Gastl, C.	107
Biskupek-Korell, Bettina.	203, 251	Gaudchau, M.	129
Bloch Dorit	89	Gerhardt, W.	133
Blomberg, M.	255	Gibaud, Helene	223
Bodner, G.	117, 201	Gimplinger, Daniela	205
Böhm, H.	135, 141	Glauning, J.	117
Böhnhardt, J.	133	Glemnitz, M.	55
Böttcher, U.	209, 267, 277, 279	Gollner, M.	25, 155
Bramm, A.	31, 175, 301	Gomiscek, Tatjana	247
Büchse, A.	133	Graeff, Simone	
Büchter, M.	113, 201	185, 257, 263, 269, 271, 273, 275
Burkart, S.	95	Greef, J.M.	207, 217, 223, 301
Bussche, P. Freiherr v. d.	15	Grimm, E.	253
Chmielewski, F. M.	87	Gröll, Kerstin	275
Christen, O.	49, 53, 57, 61, 75, 77, 79, 81, 165, 171	Gruber, Sabine	287
Claupein, W.		Haase, N.U.	141
.....	47, 69, 133, 137, 163, 185, 257, 263, 269, 271, 273, 275, 287, 295	Haase, T.	141
Czimer, G.	55	Häberle, Anette	69
Debruck, J.	243	Hahn, G.	203
Deecke, A.	279	Hahn, Heike	23, 213
Deike, S.	61	Hahn, V.	133
Dennert, J.	107	Hahnfeld, Constanze	47
Deuker, A.	103, 105, 245	Hansmann, K.	133
Dieckmann, J.	159	Heinlein, J.	151
Diepenbrock, W.		Heinzinger, M.	155
.....	71, 73, 213, 253, 291, 293	Helm, G.	131
Dilci, B.	203	Herbst, F.	189
Drews, S.	115	Hermann, W.	185
Einhorn, G.	123	Herrmann, Antje	63, 99, 207, 227
Elfadl, E.Y.	137	Heß, J.	141
Ellmer, F.	101, 127, 157, 169	Hesse, U.	213
Farack, M.	195	Hoffmann, Christa	37, 89, 255
Farthofer, R.	67	Hoffmann, J.	55
Felgentreu, C.	193	Hofmann, B.	
Fölsch, M.	77	53, 75, 77, 79, 81, 165, 171
		Honarnejad, R.	297
		Honermeier, B.	129, 183, 235, 237, 239

Höppner, F.....	207, 299, 301	Luthardt-Behle, Th.	129
Horn, C.	269	Maidl, F.-X.	173, 181, 285
Hübner, O.....	133	Manderscheid, R.....	95, 97
Hülsbergen, K.-J.....	49, 57	Mannheim, T.....	93
Hüwing, H.....	277	Martens, S.	217, 229
Idelberger, Claudia	259	Martins, P.M.....	239
Jasper, J.	261	Matthes, C.	237
Johnen, T.....	209	McManus, M. A.....	23
Jost Britta.....	51	Menge-Hartmann, Ute	301, 303
Jung, R.	65	Merbach, W.	189
Juroszek, P.....	115	Miller, H.	159
Kage, H.....	1, 59, 209, 267, 277, 279	Möller, K.	103, 105, 109, 245
Kaul, H.-P.	113, 117, 201, 205	Moschner, C. R.....	203, 251
Kauter, D.	47, 295	Müller, J.	215
Kautz, T.	127, 169	Müller, Karla.....	279
Kenter, Christine.....	37	Müller, Marina.....	167
Kersebaum, K. C.	63	Müller-Lindenlauf, Maria	161
Kley, K.	133	Naumenko, V.....	253
Klotz, M.....	133	Nehring, W.....	49
Klug, Brigitte	221	Neuhoff, D.	115, 119
Knittel, H.	93, 191	Neumann, Angelika	29
Knot, P.....	225	Neumann, H.....	143
Koch, H.-J.....	45, 111, 139, 159	Niehus, Anne	149
Kohl, M.	59	Nordmeyer, H.	265, 281
Kohler, Martina	271	Oerlemans, J.	85
König, H.P.	139	Oldenburg, Elisabeth	175
Köpke, U.....	115, 119	Olga Tomanová	111
Köppen, D.....	33	Oltmanns, Meike.....	149, 151, 161
Kornher, A.	99, 207	Opitz v. Boberfeld, W.....	83, 85, 211, 225, 231, 233
Krause, Tanja	141	Orlovius, K.	177
Kropff, M.J.....	6	Ossenkop, Ariane	289
Kruse, Sandra.....	227	Pacholsky, A.	97
Kücke, M.....	301	Pahlow, G.	217, 229
Kuhn, Katharina.....	293	Pallutt, B.	61
Kurowski, T.P.	197	Pasda, G.....	93
Küstermann, B.....	49	Paul, C.....	223
Kutzner, D.....	75	Pekrun, Carola.....	69, 163, 287
Ladewig, E.....	289	Piepho, H. P.....	133
Laser, H.	225	Pietsch, Gabriele	67, 145, 147, 219
Ledermüller, J.....	43	Poetsch, J.....	295
Leithold, G.	27, 103, 109, 121, 245	Porter, J.R.....	10
Lemmens, M.....	113	Prade, C.	69
Liebard, P.	117, 221, 247	Pringas, C.....	45
Limbrunner, B.	173	Radics, L.....	55
Link, A.	261	Ratering, S.....	105
Link, Johanna	257, 263	Rath, J.	207
Linnes, C.	249	Rathke, Gisa-Wilhelmine	71, 73
Loges, R.	141, 143, 187	Rauber, R.	29, 51, 65
Löpmeier, F.-J.	19	Raupp, J.	149, 151, 161
Luehs, W. W.....	133		

Reents, H.J.....	125	Stahr, K.....	69
Reichardt, Isolde.....	243	Steffen, W.....	10
Reidelstürz, P.....	283	Steffens, D.....	91
Reinbrecht, C.....	133, 137	Steffin, U.....	131
Reinicke, F.....	57	Stemmer, M.....	39
Reusch, S.....	261	Stępień, A.....	197, 199
Rücknagel, J.....	53	Sterzenbach, M.....	83
Rühl, G.....	203, 301	Sticksei, E.....	107, 259
Rührer, Judith.....	39	Stinner, P.-W.....	105, 109, 245
Rychcik, B.....	179	Stockfisch, Nicol.....	249
Sauerbeck, G.....	35, 153	Stolzenburg, Kerstin.....	241
Schächtl, J.....	285	Styperek, P.....	31
Schauss, K.....	105	Surböck, A.....	43, 155
Schenkel, W.....	125	Taube, F.....	63, 99, 143, 187, 207, 227
Scherer, J.....	45	Thierfelder, C.....	69
Scherf, H. W.....	133	Tischer, Sabine.....	81
Schiessendoppler, Elisabeth.....	43	Trittel, M.....	165
Schittenhelm, S.....	19, 301, 303	Turmes, S.....	273
Schlimbach, G.....	233	Tyburski, J.....	179
Schlinker, G.....	165	Ulrich, S.....	79, 81
Schmid, A.....	181	Verch, G.....	167
Schmidt, E.....	133	Vetter, R.....	133, 283
Schmidt, H.....	121	Vögel, R.....	133
Schmidt, L.....	41	Vogt-Kaute, W.....	133
Schmidtke, K.....	51, 65	Wachendorf, M.....	63
Schnell, S.....	105	Wagentristl, H.....	117, 147
Schnieder, M.....	133	Weber, A.....	185
Schubert, S.....	91	Weckherlin, P.....	133
Schulte auf'm Erley, G.....	205	Weigel, H.J.....	95, 97
Schulz, F.....	27	Werner, K.....	167
Schulz, U.....	253	Wichmann, S.....	187
Schumann, H.....	21	Wilbois, K. P.....	133
Scott, D. B.....	23	Winkelmann, W.....	169
Shala-Mayrhofer, V.....	113	Wölfel, Sabine.....	195
Siebenborn, Simone.....	235	Wolff, D.....	123
Simioniuc, F.....	183	Wriessnig, Karin.....	247
Sourell, H.....	19		