

**Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 21**

„Pflanzenbauwissenschaften - Systembezug und Modellierung“

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher Verantwortung der jeweiligen Autoren

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Präsident: Prof. Dr. O. Christen
Geschäftsführer: Prof. Dr. B. Märländer

Geschäftsstelle:
Institut für Zuckerrübenforschung
Holtenser Landstr. 77
37079 Göttingen
Tel.: +49 551 505 62-0, Fax.: +49 551 505 62-99
E-Mail: maerlaender@ifz-goettingen.de

**52. Jahrestagung
vom 01. bis 03. September 2009
in Halle/Saale**

Pflanzenbauwissenschaften - Systembezug und Modellierung

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

Herausgeber

B. Märländer, O. Christen, C. Kenter, A. Düker
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

**Verlag Liddy Halm
Göttingen 2009**

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.

ISSN 0934-5116

Alle Rechte vorbehalten

Druck und Bindung: Verlag Liddy Halm, Backhausstr. 9b, 37081 Göttingen

I
Inhalt

Plenarvorträge

EWERT, F.: Perspektiven der Pflanzenbauforschung als integrierende und integrierte Wissenschaft..... *	
KAGE, H.; DITTERT, K.; GERICKE, D.; HERRMANN, A.; PACHOLSKI, A.; SENBAYRAM, M.; SIELING, K.; SVOBODA, N.; TAUBE, F.; WIENFORTH, B.: Bewertung von Ertragspotential und Umwelteffekten von Anbausystemen durch Experiment und Modell: Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Projekt "Biogas-Expert"	1
VON DANIELS SPANGENBERG, H.: Pflanzenbauwissenschaften aus Sicht der Praxis	*
CRAMER, F.: Bedeutung der Pflanzenbauwissenschaften für die Politikberatung	7
RÖHRIG, M.; SANDER, R.: ISIP – Online-Entscheidungshilfen für die Pflanzenproduktion.....	11
ORDON, F.: Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau – Herausforderungen gemeinsam meistern	13

Workshops

Workshop 1: „Modellierung in den Pflanzenbauwissenschaften“

DORNBUSCH, T.: Plasticity of wheat architecture in response to sowing date and density: Can we understand leaf properties as response to local light and temperatures?	*
RATJEN, A.; BÖTTCHER, U.; KAGE, H.: Modellansätze zur Schätzung der Kornzahl in Winterweizen.....	19
AMTHAUER GALLARDO, D.; HOFMANN, M.; SIEBERT, C.; WACHENDORF, M.: Verbundvorhaben ProLoc Erste Ergebnisse zu Überlebensraten im Anwuchsjahr.....	21
ADAM, M.; EWERT, F.: How to deal with flexibility and modularity in crop modelling? .	23
ROSENAUER, E.; PIECHA, S.: Technologische Aspekte der mobilen Spektroskopie....	25

Workshop 2: „Systembeschreibung und Systembewertung“

BROCK, C.; LEITHOLD, G.: Zusammenhänge zwischen C- und N-Gehalten im Oberboden und der Ertragsbildung bei ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung in Dauerfeldversuchen	27
ENGELMANN, K.; HÜLSBERGEN, K.-J.: Untersuchung der Energieeffizienz und der Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme im Bayerischen Tertiärhügelland.....	29
HELBIG, S.; HÜLSBERGEN, K.-J.: Energiebilanz unterschiedlich intensiver Biogassysteme	31
HEYER, W.; REINICKE, F.; CHRISTEN, O.: Analyse natürlicher Regelprozesse im Vergleich ökologischer und integrierter Betriebssysteme – Ergebnisse aus dem Systemversuch Bad Lauchstädt	33

II

HEYER, W.; GRUBER, H.; CHRISTEN, O.: Energetische Analyse ökologischer Anbausysteme auf sandigen Ackerbaustandorten – Der Fruchtfolgeversuch am Standort Gülzow.....	35
SCHNEIDER, M.; GRÖBLINGHOFF, F.-F.; STEMANN, G.; LÜTKE ENTRUP, N.: Bewertung von neuen Systemen der Bodenbewirtschaftung in erweiterten Fruchtfolgen.....	37
SIEBRECHT, N.; HÜLSBERGEN, K.-J.: Analyse potenzieller Wirkungen landwirtschaftlicher Betriebssysteme auf Biodiversität – eine indikatorenbasierte Methode im Modell REPRO.....	39
STOCKFISCH, N.; REINEKE, H.; FUCHS, J.: Kann eine Betriebsbefragung zur Systemanalyse und -bewertung beitragen? – Beispiel Zuckerrübenanbau.....	41

Parallelsektionen

Parallelsektion „Grünland und Futterbau“

REINHARDT, R.; KÜCKE, M.; GREEF, J.-M.; SCHERER, H.W.: Auswirkungen der N-Menge und Anzahl an N-Düngergaben auf Ertrag und Qualität eines Grünlandbestandes nach N-Flüssigdüngerinjektion und oberflächiger Düngerapplikation.....	43
SCHMEER, M., LOGES, R.; SENBAYRAM, M.; TAUBE, F.: Einfluss von Bodenverdichtung, Nutzungshäufigkeit, Stickstoff- und Kalidüngung auf Lachgasemissionen, botanische Zusammensetzung und Ertrag von intensiv genutzten Grünlandbeständen.....	45
GOERITZ, M.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Ertragsleistung und Futterqualität tanninreicher Futterpflanzen.....	47
HIMSTEDT, M.; FRICKE, T.; WACHENDORF, M.: Chancen und Grenzen der Abschätzung des Leguminosen-Ertragsanteils mittels der digitalen Bildanalyse .	49
PERBANDT, D.; FRICKE, T.; WACHENDORF, M.: Der Einfluss des Bewölkungsgrades auf hyperspektrale Messungen im Feld am Beispiel eines Klee-Gras-Bestandes.....	51

Parallelsektion „Ertragsphysiologie“

MANDERSCHIED, R.; ERBS, M.; NOZINSKI, E.; WEIGEL, H.-J.: Wechselwirkung zukünftiger atmosphärischer CO ₂ -Konzentrationen und unterschiedlicher Wasserversorgung auf das Wachstum eines Maisbestandes: Effekte auf Wasser- und Strahlungsausnutzungseffizienz.....	53
HOFFMANN, C.; KLUGE-SEVERIN, S.: Potenzielle Ertragssteigerung bei Winterrüben aufgrund verbesserter Lichtinterzeption.....	55
STRENNER, M.; MAIDL, F.-X.: Einsatz nicht-destruktiver Messverfahren zur Charakterisierung des Nährstoffstatus von Sommergerste.....	57
ENGERT, N.; HONERMEIER, B.: Vorkommen von Phenolsäuren in alten Weizenarten.	59
STOCKMANN, F.; KFENTI, J.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Acrylamid – Gesundheitsgefährdung durch erhitzte Süßkartoffeln (<i>Ipomoea batatas</i>).....	61

Parallelsektion „Bioenergie“

ZEITLHOFER, C.; DIWOLD, G.; HOCHBICHLER, E.; SCHWEINBERGER, J.; LIEBHARD, P.: Ertragsschätzung und Erträge in der ersten Rotation bei Pappel im Kurzumtrieb.....	63
RICHTER, F.; ZAHARIEV, D.; FRICKE, T.; WACHENDORF, M.: Einfluss des Schnittzeitpunkts von Grünland auf die energetische Verwertung mittels Integrierter Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB).....	65
GAUDER, M.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; CLAUPEIN, W.: Strohnutzung für energetische Zwecke – Möglichkeiten und Grenzen	67
GAUDCHAU, M.; HONERMEIER, B.: Untersuchungen zur Eignung verschiedener Sorghumsorten und -stämme für die Biogasproduktion	69
BÜHLE, L.; STÜLPNAGEL, R.; WACHENDORF, M.: Energie- und Emissionsbilanzierung der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB) ackerbaulicher Kulturen.....	71
PACHOLSKI, A.; GERICKE, D.; KAGE, H.: Ammoniak-Emissionen nach Feldapplikation von Biogasgärresten – Messungen und Modellierung.....	73
GANSBERGER, M.; WEINHAPPEL, M.; LEONHARDT, C.; BRANDSTETTER, A.; SCHALLY, H.; LIEBHARD, P.: Einfluss der Verweildauer ausgewählter Unkrautsamen in Biogasanlagen auf die Keimfähigkeit	75

Parallelsektion „Agrarökologie“

EIßNER, H.; SCHMIDT, L.: Der „Ewige Roggenbau“ in Halle (Saale) – ein Modell im Wandel	77
HÜBNER, W.; FLECHNER, E.; ELLMER, F.: Beziehungen zwischen der Witterung und den N_{\min} -Gehalten auf schluffigem Sandboden.....	79
LIMBRUNNER, B.; MAIDL, F.-X.: Vergleich verschiedener Systeme zur teilflächenspezifischen Stickstoff-Düngung	81
LIEBHARD, P.; REFENNER, K.; WAGENTRISTL, H.; ZEITLHOFER, C.: Asche- und Kompostdüngung zur Schließung von Nährstoff-kreisläufen bei der Produktion Nachwachsender Rohstoffe in Österreich – <i>Miscanthus Giganteus</i>	83
MAINER, V.; EBERTSEDER, T.; SCHMID, H.: Einfluss der Bodenbearbeitung und des Säverfahrens auf die Spross- und Wurzelleistung unterschiedlicher Zwischenfrucht-Mischungen im Ökologischen Landbau	85
BAUMECKER, M.; ELLMER, F.: Pflanzenbauliche Optionen unter wasserlimitierten Standortbedingungen am Beispiel von Winterroggen	87

Parallelsektion „Saatgut / Sonstiges“

BÖRNER, A.; NAGEL, M.; REHMAN ARIF, M.A.; BRATHUHN, A.; MOHAMMADI, A.; LOHWASSER, U.: Samenbanken – Ressourcen für künftige Pflanzenforschung	89
GRUBER, S.; CLAUPEIN, W.: Bodensamenvorrat, quo vadis? Verbleib von Samen (Raps, <i>Brassica napus</i>) und Plastikpellets bei langjährig unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung.....	91

IV

DIESENBACHER, P.M.: Entwicklung eines Verfahrens zur Brechung der Samendormanz und zur Optimierung der Jungpflanzenproduktion von <i>Allium ursinum</i> L. *	
EIBNER, H.; HENNING, A.; POHLAN, J.: Transformation von Robusta-Kaffee (<i>Coffea canephora</i> Pierre) zu Rambutanbau (<i>Nephelium lappaceum</i> L.) in der Region Soconusco, Chiapas, Mexiko 93	
HEIN, D.: Nutzung von bio-erodierbaren Nanofasern als neuartige Pheromondispenser zur Insektenverwirrung im integrierten und ökologischen Pflanzenschutz *	

Posterführungen

Posterführung Gruppe a „Modellierung“
--

BÖTTCHER, U.; KAGE, H.: Einfluss der aufgenommenen Strahlung während Blüte und Kornfüllung auf den Ertrag von Winterweizen 95	
KUNZE, T.; SCHENK, R.; CHMIELEWSKI, F.-M.: Witterung und Kartoffelertrag unter heutigen und künftigen Klimabedingungen 97	
MUNZ, S.; FEIKE, T.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; CLAUPEIN, W.: Studying the microclimate in a maize intercropping system 99	
BODNER, G.; IQBAL, M.A.; KAUL, H.P.: Vergleich von Reduktionsfunktionen zur Modellierung der aktuellen Transpiration unter wasserlimitierten Bedingungen. 101	
MÜLLER, J.; ESCHENRÖDER, A.; DIEPENBROCK, W.: Through-flow chamber CO ₂ /H ₂ O canopy gas exchange system: methodical requirements and solutions for generating a data base appropriate for modelling 103	
MÜLLER, J.; ESCHENRÖDER, A.; DIEPENBROCK, W.: A data base for modelling diurnal and seasonal patterns of gas exchange of barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) stands derived from canopy chamber measurements 105	
QUAKERNACK, R.; PACHOLSKI, A.; ZHU, C.; LIU, H.; KAGE, H.; ZHU, J.: Effekte erhöhter atmosphärischer CO ₂ -Konzentrationen (FACE) auf Photosynthese und Ertragsbildung von Nassreis in China 107	
KNÖRZER, H.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; CLAUPEIN, W.: Developing an improved model for simulating a relay intercropping system of wheat and maize 109	
PAHLMANN, I.; BÖTTCHER, U.; MÜLLER, K.; KAGE, H.: Teilflächenspezifische Stickstoff-Responsekurven im Winterraps 111	

Posterführung Gruppe b „Agrarökologie / Precision Farming“

JUISTER, J.; RAUBER, R.: Anwendung verschiedener Humusbilanzierungsmethoden unter Berücksichtigung der Praxisbedingungen des ökologischen Landbaus 113	
REENTS, H.J.; KAPPEL, M.; ENGELMANN, K.; HÜLSBERGEN, K.-J.: Beziehung von Humus- und Nährstoffbilanzen zu Kohlenstoff- und Nährstoffgehalten im Boden bei zwei unterschiedlichen ökologischen Betriebssystemen 115	

WANG, L.; GRUBER, S.; CLAUPEIN, W.: Prototyping and optimizing lentil (<i>Lens culinaris</i>) mixed cropping systems under organic farming in Germany	117
BORITZKI, A.; TISCHER, S.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Zur Wirkung von integrierten und ökologischen Anbausystemen auf ausgewählte biologische Bodeneigenschaften im mitteldeutschen Lößtrockengebiet	119
ZIMMERMANN, S.; ABELE, A.; HERMANN, W.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Untersuchung des Abbaus von Maisstroh bei Zugabe verschiedener wachstumsfördernder Zusätze	121
GRUBER, H: Entwicklung der Grundnährstoffgehalte in einem schwach lehmigen Sandboden Nordostdeutschlands nach langjähriger ökologischer Bewirtschaftung.....	123
HOFMANN, B.; BISCHOFF, J.; RÜCKNAGEL, J.; CHRISTEN, O.: Einfluss langjährig differenzierter Bearbeitungsintensität auf den C-Gehalt bindiger Standorte.....	125
HERMANN, W., CLAUPEIN, W.: Erosionsschutz durch Streifenlockerung im Zuckerrübenanbau.....	127
HINCK, S.; MUELLER, K.; EMEIS, N.; CHRISTEN, O.: Nährstoffgehalte bei teilflächenspezifischer Bodenprobenentnahme (Anwendungsbeispiel).....	1279
LINK, J.: KNAPPENBERGER, T.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Mehrjährige Untersuchungen zur variablen Aussaatiefe und Stickstoff-Düngung in Köernermais	131

Posterführung Gruppe c „Grünland, Futterbau / Heil- und Gewürzpflanzen“

SCHMEER, M.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Der Einfluss von Grünlanderneuerung mit einer eingeschobenen Ackerzwecknutzung auf die Stickstoffflüsse im System Boden-Pflanze.....	133
HIMSTEDT, M.; WACHENDORF, M.: Der Zusammenhang von Leguminosen-Deckungsgrad und -Ertragsanteil als Grundlage für bildanalytische Ertragsanteilschätzungen.....	135
WEIHER, N.; KRAWUTSCHKE, M.; GIERUS, M.; TAUBE: Spezifische PPO-Aktivität von Rotklee unter Berücksichtigung von Genotyp und Nutzung	137
KRAWUTSCHKE, M.; WEIHER, N.; GIERUS, M.; THAYSEN, J.; TAUBE, F.: Effekte der spezifischen Polyphenoloxidase-Aktivität auf Gärqualitätsmerkmale verschiedener Rotklee genotypen.....	139
SALAMA, H.; LÖSCHE, M.; HERRMANN, A.; GIERUS, M.; TAUBE, F.: A new method for determine the phenological development of perennial ryegrass swards (<i>Lolium perenne</i> L.) and determining its relationship with some quality parameters	141
SCHRABAUER, J.; HUMER, J.; LIEBHARD, P.: Vergleich ausgewählter trockenoleranter Gräser bei spezieller Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet.....	143
SUNG, Y.-H.; HONERMEIER, B.: Einfluss unterschiedlicher Anbauverfahren (Dammkultur vs. Ebenkultur) auf Wurzelträge und Wirkstoffgehalte von Chinesischem Salbei (<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge)	145

ULLAH, H.; HONERMEIER, B.: Fruit yield, essential oil concentration and essential oil composition of anise (<i>Pimpinella anisum</i> L.) depended on sowing time and sowing rate	147
---	-----

Posterführung Gruppe d „Sonstiges“

GAUDER, M.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; CLAUPEIN, W.: Agroforst in Deutschland – Aspekte der Baumwahl	149
MAYUS, M.; ZIPPERER, S.; CLAUPEIN, W.: Das Potential von Agroforstsystemen für Biobetriebe in Baden-Württemberg aus Sicht der Landwirte	151
DEIMER, C.; HEYER, W.; CHRISTEN, O.: Ergeben sich aus den Ausgleichszahlungen für landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete auch Vorteile für Fauna und Flora? –Ergebnisse einer Fallstudie aus Sachsen-Anhalt	153
KREN, J.; VALTYNIOVA, S.: Weak points of agrosystems in the Czech Republic.....	155
RÖHRIG, M.; ENDLER, M.: Nutzung Geographischer Informationssysteme (GIS) in der pflanzenbaulichen Online-Beratung	157
KRUTZKE, M.; ABELE, A.; HERMANN, W.; SIMONE GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Auswirkungen von verschiedenen Mykotoxinen auf das Wachstums- und Abbauverhalten von Weißfäulepilzen	159
SAELE, V.; ABELE, A.; HERMANN, W.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Auswirkungen der Ausbringung von Weißfäulepilzen unter Freilandbedingungen auf vorhandene Bodenlebewesen und Bodenmikroorganismen	161
SCHWEMMLEIN, L.; ABELE, A.; HERMANN, W.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Auswirkungen verschiedener Inokulummengen auf den Abbau von Maisernterückständen durch verschiedene Weißfäulepilze	163
STOCKMANN, F.; LEE, Y.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Einfluss der Kornreifung ökologisch angebauter Getreidearten und Sorten auf freies Asparagin und die Acrylamidbildung	165
STOCKMANN, F.; RITTER, J.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Einfluss des Wassergehalts im Korn auf Acrylamidvorstufen bei konventionell angebautem Wintergetreide.	167
JUROSZEK, P.; SIEBOLD, M.; VON TIEDEMANN, A.: Klimafolgenforschung in der Pflanzenproduktion.....	167

Posterführung Gruppe e „Ertragsphysiologie“

DAMM, S.; BISCHOFF, J.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Bodenwasserhaushalt und die Pflanzenentwicklung bei Winterweizen im mitteldeutschen Trockengebiet	169
JUNG, R.; RAUBER, R.: Ertragsbildung, Stickstofffixierung und Unkrautentwicklung in Ackerbohnen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung einschließlich der Direktsaat	173
MUSKOLUS, A.; KOCH, H.-J.: Stickstoffbilanzen und Kornerträge von Winterweizen bei verschiedenen Vorfrüchten und Vor-Vorfrüchten.....	175
PACHOLSKI, A.; KAGE, H.: Wirkung von Trockenstress und N-Düngung auf Bodenatmung und C-Umsatz unter Winterweizen.....	177

VII

RAUCH, M.; RÜCKNAGEL, J.; BÜCHNER, M.; CHRISTEN, O.: Einfluss der Herbststickstoffdüngung zu Winterweizen auf N-Verlagerung und Ertrag auf einer Rekultivierungsfläche	179
ELLMER, F.; VOGEL, H.; BAUMECKER, M.: Boden- und Pflanzenwasserhaushalt bei Winterroggen in verschiedenen Anbausystemen	181
WINTER, I.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Einfluss unterschiedlicher Vorfruchtkombinationen auf die Ertragsbildung bei Winterraps im mitteldeutschen Trockengebiet.....	183
NEUNER, E.; HARTL, W.; LIEBHARD, P.: Wintererbse (<i>Pisum sativum</i>) in Rein- und Mischkultur im Biologischen Landbau unter semiariden Produktionsbedingungen.....	185
GIMPLINGER, D.M.; WICHMANN, S.; WAGENTRISTL, H.; KAUL, H.-P.: Trockenmassebildung und Kornertrag von Kichererbsen (<i>Cicer arietinum</i>) im Vergleich zu Körnererbsen (<i>Pisum sativum</i>)	187
KLAMROTH, A.-K.; MERBACH, W.: Einfluss von Stickstoff- und Kaliumdüngung auf Ertrag und symbiotische N ₂ - Fixierung der Blauen Lupine (<i>Lupinus angustifolius</i> L.) im Feldparzellenversuch	189
FEIKE, T.; CHEN, Q.; PFENNING, J.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; CLAUPEIN, W.: Improving maize and Chinese cabbage intercropping systems in Northern China	191
ALMOHAMAD, W.; DITTMANN, L.; KÖPPEN, D.: Einsatz von Chitosan bei Kartoffeln (Sorte: Agria) im Feld und Lager in Kombination mit Akrobat und Shirlan	193
KRIEGER, J.; ELLMER, F.; BAUMECKER, M.; VOGEL, H.: Effekte der Blattdüngung mit Nutri-Phite® auf Ertrag und Qualität von Zuckerrübensorten	195

Posterführung Gruppe f „Bioenergie“

EICHLER-LÖBERMANN, B.; SCHIEMENZ, K.; BACHMANN, S.: Nährstoffrecycling – Ein Beitrag zum nachhaltigen Anbau von Energiepflanzen	197
ROTH, F.; RAUBER, R.; LINK, W.: Optimierung von Aussaat- und Erntezeitpunkt bei Winterzwischenfrüchten vor Energiemais	199
MENKE, C.; RAUBER, R.: Beziehungen zwischen dem Wurzelwachstum von Winterzwischenfrüchten und der Trockenmassebildung des nachgebauten Energiemaisses.....	201
GIMPLINGER, D.M.; FISTAROL LYSON, D.; RINNOFNER, T.; LEONHARTSBERGER, C.; AMON, T.; KAUL, H.-P.: Trockenmassebildung von Mais und Sonnenblume im Gemenge für die Verwertung in Biogasanlagen	203
MAHMOOD, A.; HONERMEIER, B.: Effect of different sowing times, plant densities and cultivars on biomass yield and biogas production of Sorghum bicolor L. Moench	205
BACHMANN, S.; EICHLER-LÖBERMANN, B.: Gezielte Verwertung von Gärrückständen – Ein Beitrag zur Sicherung einer nachhaltigen Biomasseproduktion	207
SVOBODA, N.; WIENFORTH, B.; MEHRTENS, H.; SIELING, K.; KAGE, H., TAUBE, F.; HERRMANN, A.: Biogas, Mais und Bodenart – Nitrataustrag nach Gärrestapplikation	209

VIII

WÜNSCH, K.; GRUBER, S.; CLAUPEIN, W.: Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) als Energiepflanze	211
WÜNSCH, K.; MAIER, S.; GRUBER, S.; CLAUPEIN, W.: Rodung von Topinamburknollen mit Hilfe von Weideschweinen – eine Alternative zur maschinellen Ernte?.....	213
LIEBHARD, P.; STOCKINGER, I.; EIGNER, H.: Einfluss der Sorte, des Standortes und der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Qualität bei Winterweizen für die Ethanolproduktion	215
GAUDER, M.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; CLAUPEIN, W.: Biokraftstoffe der zweiten Generation – eine Potentialstudie für Baden-Württemberg	217
SCHMITT, A.-K.; TISCHER, S.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Auswirkungen des Anbaus von Energieholz in Kurzumtriebsplantagen auf ausgewählte biologische Bodeneigenschaften.....	219

Posterführung Gruppe g „Saatgut- und Sortenwesen“

ELSTE, B.: Wurzeltiefgang und Pflanzenentwicklung von Winterrapsgenotypen bei verschiedenen Saattiefen	221
JACOB, I.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Bodendichteabhängiges Penetrationsvermögen von Winterrapsgenotypen unter Modellbedingungen in der Klimakammer	223
FRICK, K.; WEBER, E. A.; GRUBER, S.; CLAUPEIN, W.: Überdauerung von Rapsamen (<i>Brassica napus</i> L.) in verschiedenen Bodenarten	225
WEBER, E.A.; FRICK, K.; GRUBER, S.; CLAUPEIN, W.: Entwicklung eines Schätzrahmens für Durchwuchsraps auf Praxisflächen – Erste Ergebnisse zu Ausfallverlusten und Bodensamenvorrat.....	227
NAGEL, M.; BÖRNER, A.: Genetische Hintergründe zur Langlebigkeit von Gerste	229
SCHÜLER, C.; RÜCKNAGEL, J.; CHRISTEN, O.: Einfluss von Sortentyp, N-Düngung und Fungizidbehandlung auf den Wintergerstenertrag.....	231
BÖTTCHER, M.; FÖRSTER, K.; SIEBERT, L.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Intervariätenspezifische Variabilität des Pflanzenaufgangs von <i>Avena fatua</i> -Karyopsen (Reifejahr 2008) im Jahresverlauf 2008/09	233
RABE, R.; SIEBERT, L.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Frosttoleranz von <i>Avena fatua</i> L. unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Varietäten und Herkünfte	235
FIEDLER, K.; ZACHARIAS, A.; STÜTZEL, H.; UPTMOOR, R.: Evaluierung der Kühltoleranz von <i>Sorghum bicolor</i>	237
BISKUPEK-KORELL, B.; FISCHER, H.; KNAPWOST, C.; SCHNEIDER, C.; WARTENBERG, S.: Züchtung faserreicher, ertragreicher und widerstandsfähiger Fasernesselklone mit guten Faserqualitäten und Entwicklung eines <i>in vitro</i> Vermehrungsverfahrens.....	239
IJAZ, M.; HÖNERMEIER, B.: Effect of triazoles and strobilurines on seed yield formation and grain quality of rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.)	241

IX

BISKUPEK-KORELL, B.; PFEIFFER, G.; LOU, J.: Infrarotspektroskopische Methoden zur Abschätzung des Gehaltes freier Fettsäuren in Rapssaat und Rapsöl als qualitätssichernde Maßnahme bei der Rapsverarbeitung	2441
RAUPP, J.; DOBIASCHOWSKI, L.; OLTMANN, M.: Ertrag und Korninhaltsstoffe von Amaranth (<i>Neuer Typ</i>) bei organischer und mineralischer Düngung auf einem Sandstandort.....	2463
FÖRSTER, K.; DIEPENBROCK, W.: Virtuelle Saatgut- und Pflanzenbank Halle (ViSaP HAL): Entwicklung eines E-Learning Moduls zur Artbestimmung bei Nutzpflanzen	245

Ernst-Klapp-Zukunftspreis

GUTJAHR, C.: Quantifizierung der Effekte von Boden, Unkraut und Herbizid auf den Ertrag von Winterweizen, Wintergerste und Mais mit einem gemischten linearen Modell als Grundlage für ein Expertensystem für Precision Farming Anwendungen	247
MÜLLER, K. : Remote sensing and simulation modelling as tools for improving nitrogen efficiency for winter oilseed rape (<i>Brassica napus</i> L.).....	253
SCHÖNBACH, P.: Analyse von Beweidungseffekten auf ein semiarides Graslandökosystem der Inneren Mongolei.....	257
URBATZKA, P.: Anbauwürdigkeit von normalblättrigen Wintererbsen als Druschfrucht in Rein- und Gemengesaat mit Winterroggen unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus	261
VALLURU, R.: Studies on water-soluble carbohydrates in wheat: model analysis, early chilling stress and future perspectives.....	265

* Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor

Bewertung von Ertragspotential und Umwelteffekten von Anbausystemen durch Experiment und Modell: Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Projekt "Biogas-Expert"

Henning Kage, Klaus Dittert*, Dirk Gericke, Antje Herrmann, Andreas Pacholski, Mehmet Senbayram*, Klaus Sieling, Nicolai Svoboda, Friedhelm Taube & Babette Wienforth

Einleitung

Die Reduktion der Treibhausgasemissionen um mindestens 20 % bis zum Jahr 2020 (Basisjahr 1990) ist seit 2007 erklärtes Ziel der EU. Im Rahmen dieser Klimaschutzstrategie wird ein Anteil der Bioenergie von 20 % am Gesamtenergiemix angestrebt. In der Bundesrepublik wird diese Strategie u. a. durch eine staatliche Förderung der Bioenergieproduktion umgesetzt. Rechtliche Grundlage hierfür ist das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG). Durch die hier gesetzten vergleichsweise attraktiven ökonomischen Anreize hat sich die Verwertung von gezielt auf landwirtschaftlichen Flächen angebaute Biomasse für Biogasanlagen seit der vorletzten Novellierung des EEG im Jahr 2004 zu einem festen Bestandteil der landwirtschaftlichen Landnutzung entwickelt. Von einer weiteren Zunahme der Biogasanlagen in den nächsten Jahren ist auch nach der erneuten Novellierung des EEG im Jahr 2008 auszugehen.

Der langfristig ökonomisch tragfähige Ausbau der Biogasproduktion setzt eine kostengünstige und bedarfsgerechte Bereitstellung technologisch geeigneter Substrate durch standortoptimierte pflanzenbauliche Produktionssysteme voraus. Hiermit wird auch die Flächenkonkurrenz des Energiepflanzenbaus zu anderen Landnutzungen minimiert, die insbesondere seit der im Jahr 2008 eingetretenen massiven Preissteigerungen im Nahrungsmittelbereich im Fokus der öffentlichen Diskussion steht. Ebenso muss jedoch im Sinne einer Kreislaufwirtschaft die effiziente Verwertung der in der Fermentation anfallenden Gärreste im System sichergestellt sein. Zeitlich und in der Höhe nicht angepasste Stickstoffdüngung mit Gärresten kann zu einer Belastung des Sickerwassers mit Stickstoff führen. Darüber hinaus entstehen bei der Lagerung und Ausbringung von Gärresten unerwünschte Treibhausgasemissionen (Ammoniak, Lachgas, Methan) und die Änderung der Fruchtfolge und Bodenbearbeitung kann darüber hinaus zu einer Minderung der Kohlenstoffvorräte und damit zu einer kontraproduktiven Netto-CO₂-Emission führen. Von verschiedenen Autoren wurde daher die Nutzung von gezielt auf landwirtschaftlichen Flächen angebaute Biomasse zur energetischen Verwertung als wenig effizienter Weg der Treibhausgasreduzierung dargestellt (Wissenschaftlicher Beirat Umweltveränderungen 2009; Crutzen et al. 2007).

Eine nachhaltige Optimierung des Systems Biogasproduktion muss daher die pflanzenbauliche Produktivität und die Umweltauswirkungen, insbesondere im Hinblick auf den Klima- und Grundwasserschutz, über die gesamte Prozesskette und im Systemzusammenhang berücksichtigen. In einem solchen System „Boden-Pflanze-Fermenter-Boden“ unterliegen die Stoffflüsse zwischen den einzelnen Systemkomponenten zahlreichen, komplexen Wechselwirkungen (Abb. 1).

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der CAU Kiel

* Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der CAU Kiel. E-Mail: kage@pflanzenbau.uni-kiel.de

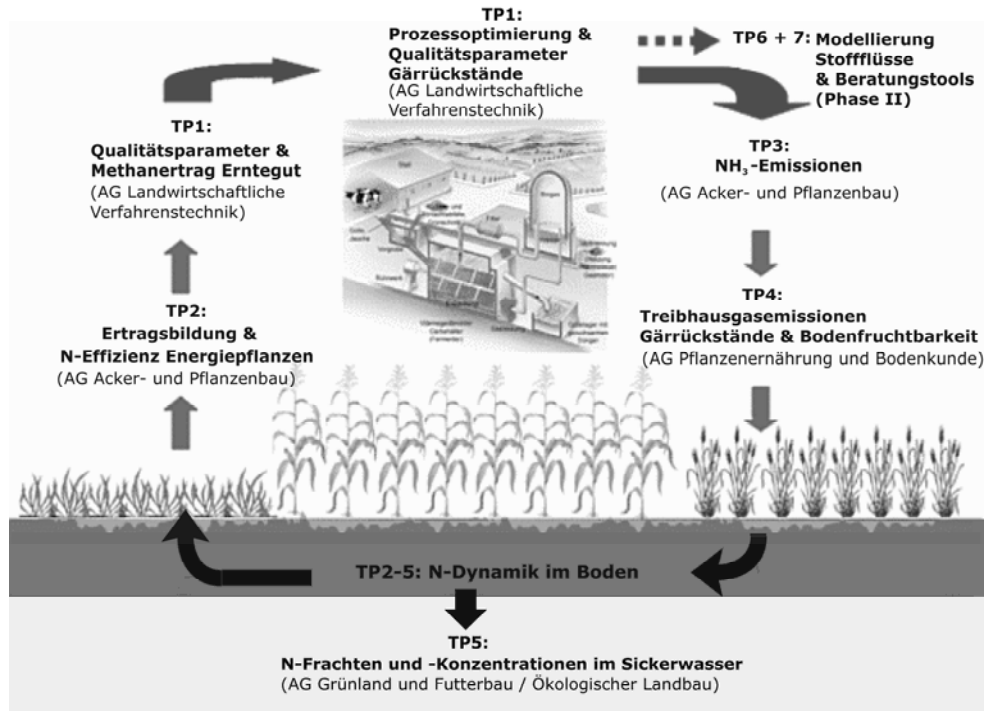


Abb. 2: Interaktion der Teilprojekte des Verbundprojektes BIOGAS-Expert der CAU Kiel zur Abschätzung von Leistungen und Umweltwirkungen der Biogasproduktionskette

Neben den experimentellen Arbeiten werden bestehende Modellansätze zur Abbildung der Ertragsbildung und der Stoffflüsse und Verlustpfade im System Boden-Pflanze-Fermenter mit experimentellen Daten aus dem Projekt und weiteren Datenquellen parametrisiert. Die dynamische Kopplung der Modellmodule erfolgt auf der Grundlage einer gemeinsamen, kompatiblen Software-Plattform (komponentenbasierte, objektorientierte Klassenbibliothek HUME (Kage and Stützel 1999)). Ziel der Entwicklung eines gekoppelten Gesamtmodells und der modellgestützten Analysen ist es, die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Systemelementen im Hinblick auf Energieertrag und die Umweltwirkungen durch N-Auswaschung in das Grundwasser sowie gasförmige N-Emissionen zu analysieren und quantifizieren und somit die Versuchsergebnisse zu regionalisieren und zu extrapolieren.

Ergebnisse und Diskussion

Die Trockenmasseerträge der geprüften Fruchtfolgen lagen im Mittel beider Versuchsjahre zwischen 10,9 t ha⁻¹ (Weidelgras, Standort Karkendamm, Geest) und 18,7 t/ha (Maismonokultur, Standort Hohenschulen, Hügelland) (Abb. 3). Die am Standort Hohenschulen geprüfte Energiepflanzenfruchtfolge erreichte gegenüber der Maismonokultur etwas geringere Erträge (17 t ha⁻¹), wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass im Rahmen der Versuchsanlage gewisse Verzerrungen der Ertragsleistungen durch die für Weizen ungünstige Vorfrucht Stoppelweizen zu Versuchsbeginn eingetreten sind.

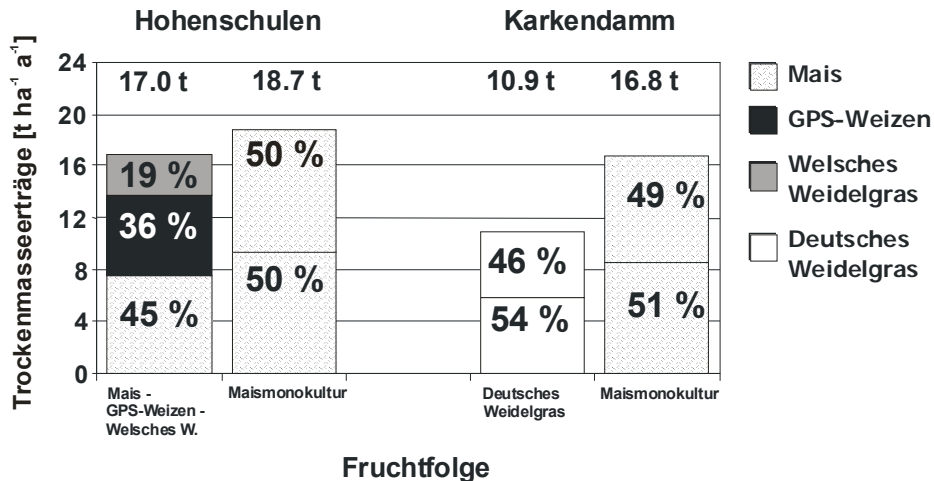


Abb. 3: Auf Jahreserträge gemittelte Biomasseerträge (Trockenmasse) und Anteil der Fruchtfolgeglieder am Ertrag an den beiden Versuchsstandorten des Verbundprojektes ‚Biogas-Expert‘ in den Jahren 2007-08

In Batch-Bebrütungsversuchen (Hohenheimer Biogasertragstest) ermittelte spezifische Methanerträge der untersuchten Substrate ergaben nur vergleichsweise geringe Unterschiede, so dass in einer ersten Näherung die Methanerträge je Hektar als proportional zu den Trockenmasseerträgen anzusehen sind (Ohl, Hartung et al. mündl. Mitteilung).

Bei der Betrachtung der gemessenen Ammoniakemissionen nach Ausbringung von Gärrückständen im Vergleich zu anderen organischen Wirtschaftsdüngern (Abb. 4) wird das spezifische höhere Verlustpotential der Gärrückstände aus Biogasanlagen deutlich, das sich im Wesentlichen aus höheren pH-Werten und einer höheren Viskosität der Gärrückstände erklärt. Ausschlaggebend für den Einfluss des letzteren Merkmals ist die hieraus resultierende schlechtere Infiltration der Gärrückstände.

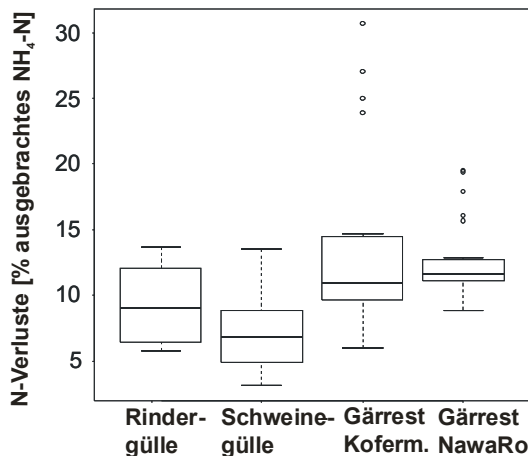


Abb. 4: Mittlere kumulierte NH₃-Emissionen vier unterschiedlicher organischer Dünger nach Ausbringung mit Schleppschläuchen im Jahr 2008, ‚Biogas-Expert‘, beide Untersuchungsstandorte.

Die Messung der N₂O-Emissionen am Standort Hohenschulen im überdurchschnittlich sommerfeuchten Jahr 2007 ergab insbesondere bei den hohen Dünge-stufen beträchtliche Werte in Höhe von bis zu 12 kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹ auf, was etwa 3% des jährlichen Stickstoffinputs entspricht. Auf den leichten Böden des Standortes Karkendamm lagen die maximalen Emissionen im gleichen Jahr dagegen bei nur ca.

2,5 kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹, also ca. 0,7 % den N-Inputs. Unter den Bedingungen des Jahrs 2007 waren die spezifischen Lachgasemissionen auf den Maisparzellen deutlich höher als auf Winterweizenparzellen. Hierbei ist jedoch die außergewöhnliche Niederschlagsverteilung im Jahr 2007 zu berücksichtigen. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Höhe der Umweltwirkung stärker von den angebauten Kulturen und v. a. von den Standort- und Witterungsfaktoren (Wasserspeicherfähigkeit des Bodens, Durchlüftung) abhängig war als von der Düngeform. Es gibt jedoch aus ergänzenden Gefäßversuchen auch Hinweise auf spezifisch höhere Lachgasemissionen nach Applikation von Gärrückständen im Vergleich mit mineralischen Düngern insbesondere bei hohen Bodenwassergehalten. In Bezug auf die N-Verluste mit dem Sickerwasser belegen die Versuchsergebnisse einen engen Bezug der Nitratfracht (kg NO₃-N ha⁻¹) zum mineralischen Anteil (kg ha⁻¹) der ausgebrachten N-Dünger (siehe auch Svoboda et al., dieser Band).

Mit einjährigen Daten des Versuchsjahrs 2007 wurden erste, orientierende Berechnungen zu den Netto-CO₂-Einsparungseffekten durchgeführt (Abb. 5, Pacholski et al. 2009). Grundlage der Bewertung war die energetische Verwendung der erzeugten Biomasse zur Biogasproduktion in einer 500-KW-Biogasanlage mit Wärmenutzung (BHKW). Von den berechneten Brutto-CO₂-Äquivalenten wurden die Energieaufwendungen für Anbau der Kulturen (Dünger, Bodenbearbeitung etc.) und zum Betrieb der Biogasanlage sowie die gemessenen Treibhausgasemissionen über NH₃- und N₂O-Emissionen abgezogen. Obwohl diese Berechnungen noch als vorläufig zu betrachten sind, geben Sie dennoch einen ersten Eindruck über die absolute Höhe der für Biogassysteme in Schleswig-Holstein zu erwartenden Netto-CO₂-Einsparungen und über die relative Bedeutung der Einflussfaktoren. Die absolute Höhe der CO₂-Minderung liegt trotz eines im deutschlandweiten Maßstab moderaten Ertragsniveaus über den in anderen Studien ermittelten Werten (etwa 6 t CO₂-Äquivalente pro ha und Jahr, Isermeyer et al. 2008). Einen vergleichsweise großen Einfluss auf die Klimagasbilanz hatte im Versuchsjahr 2007 die Lachgasemission, wohingegen der indirekte Klimaeffekt durch Ammoniakemissionen vernachlässigbar war. In diesem Versuchsjahr lagen jedoch im Hinblick auf Lachgasemissionen untypische Witterungsverhältnisse vor. Die Nutzung von Gärresten zur Düngung in den als praxisüblich zu bezeichnenden Varianten führt zu einem vergleichsweise niedrigen energetischen Input. Aus der relativen Größe von direkt bzw. indirekt wirksamen CO₂-Emissionsäquivalenten (negativer Teil der Säulen in Abb. 5) und der durch Einsparung fossiler Brennstoffe zu erwartenden CO₂-Minderung (Summe von negativem und positivem Säulenteil in Abb. 5) wird jedoch deutlich, dass die Höhe der Biomasseproduktionsleistung von entscheidendem Einfluss auf die CO₂-Bilanz der Verfahren ist.

An den hochproduktiven Ackerstandorten Schleswig-Holsteins kann daher eine intensive Biomasseproduktion mit bereits etablierten Kulturen (Mais, GPS-Getreide) zu einer hohen flächenbezogenen CO₂-Emissionsersparnis beitragen und extensiveren Systemen, wie z. B. Kurzumtriebsplantagen, ebenbürtig bis überlegen sein. Diese vorgestellten Versuchsergebnisse zeigen deutlich, dass es sowohl im Hinblick auf die Ertragsleistung als auch im Bereich der Klimagasemissionen sehr hohe Umwelt- und Managementinteraktionen gibt. Mit experimentellen Untersuchungen allein ist immer nur ein kleiner Teil der möglichen Grundgesamtheit von Produktionssystem-Management-Umwelt-Kombinationen zugänglich. Das regionale Leistungspotenzial unterschiedlicher Energiefruchtfolgen/-produktionsysteme und die Spannbreite der Umweltwirkungen können erst durch eine

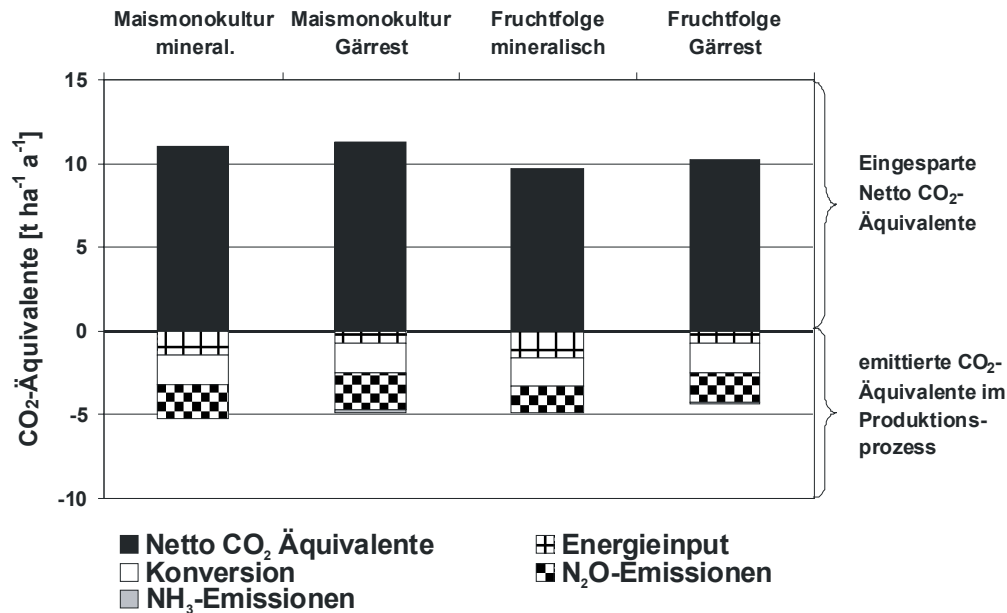


Abb. 5: Berechnetes Klimaschutzpotenzial der untersuchten Fruchtfolgen am Standort Hohenschulen, ausgedrückt in Netto-CO₂-Äquivalenten. Grundlage: Biogasanlage (500 kW) mit Stromproduktion und Wärmenutzungskonzept (Konversion = Energieinput/Treibhausgasemissionen beim Betrieb der Biogasanlage, Energieinput = Energieverbrauch bei Bestellung/Management der Versuchsfelder).

vollständige Analyse mit einem Systemmodell unter Verwendung von Szenarienrechnungen auf Grundlage langjähriger Witterungsdaten abgeschätzt werden. Erste Ansätze hierzu sind im Hinblick auf die Regionalisierung von Maiserträgen bereits erarbeitet worden (Wienforth et al., 2008).

Literatur

- Crutzen P.J.; A.R. Mosier; K.A. Smith und W. Winiwarter 2007: N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* J1 - ACPD 7: 11191-11205.
- Isermeyer et al. 2008: Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung - Empfehlung an die Politik : Gutachten. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 198 Seiten, Berichte über Landwirtschaft: N.F.; Sonderheft 216.
- Kage H. und H. Stützel 1999: HUME: An object oriented component library for generic modular modelling of dynamic systems. *Modelling cropping systems*, 299-300.
- Pacholski, A.; H. Kage; A. Herrmann und F. Taube 2009: Energie ernten? Möglichkeiten der Biomasseproduktion in Schleswig-Holstein. *Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian Albrechts-Universität zu Kiel* 114: 97-104.
- Wienforth B. S. Schittenhelm; S. Wulkau; A. Herrmann; K. Sieling; F. Taube und H. Kage 2008: Site adapted choice of energy crops for methane production – model based analysis of drought limitations on maize yield potential. *Italian Journal of Agronomy* 3, suppl.: 497-498.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Umweltveränderungen 2009: Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Eigenverlag WBGU, Berlin. 403 p..

Bedeutung der Pflanzenbauwissenschaften für die Politikberatung

Friedel Cramer

Einleitung

Acker- und Pflanzenbau stellen die Grundlage der menschlichen Ernährung dar. Auf Äckern, Wiesen und Weiden werden mittels der Photosynthese pflanzliche Lebensmittel, Futtermittel sowie Rohstoffe erzeugt. Seit die Menschen sesshaft wurden, bauen sie Pflanzen zu diesen Zwecken an. Über Jahrtausende geschah dies auf Grundlage praktischer Erfahrungen. Methoden und Verfahren wurden mit dem Ziel weiterentwickelt, Erträge zu steigern und damit die Nahrungsmittel- und die Futtermittelversorgung zu sichern. Die Summe individueller Erfahrungen formte das kollektive Wissen.

Von Anfang staatlicher Organisation an entwickelte sich auch das Interesse der Herrschenden, die Versorgung der Bevölkerung zu sichern. Dies geschah vermutlich nicht nur aus Nächstenliebe, sondern durchaus aus politischen Motiven. Beispielsweise gefährdeten Missernten die staatlichen Einnahmen (Zehnt!) und Hungersnöte die innere und die äußere Sicherheit. Schon aus den Kulturräumen des Altertums ist überliefert, welch hohen Rang landwirtschaftliche Experten als Berater einzunehmen vermochten. Daraus entstand auch ein Bewusstsein für die Notwendigkeit, Wissen zu generieren, aufzubereiten und zu verbreiten.

Mit der Entwicklung und Anwendung objektivierbarer Methoden auf pflanzenbauliche Fragestellungen beschleunigte sich der technische Fortschritt derart, dass heute in den Industrienationen Nahrungsmittel für die Bevölkerung erschwinglich ist, und wir teil- und zeitweise über Nahrungsmittel im Überfluss verfügen. Damit rückten andere Fragen in das Interesse der Öffentlichkeit und der Politik:

Wie werden Lebensmittel erzeugt?

Sind sie wirklich gesund und „sicher“?

Belastet ihre Erzeugung die Umwelt?

Gleichzeitig wird durch die sich abzeichnenden internationalen Nahrungsmittelkrisen auch einer breiteren Öffentlichkeit bewusst, vor welcher Herausforderung die Menschheit angesichts der weiter wachsenden Weltbevölkerung steht.

Politikberatung

Politikberatung ist nicht abschließend zu definieren, weil die Fragestellungen sehr breit und in aller Regel handlungsorientiert sind. Wissenschaftliche Ergebnisse dagegen sind sehr speziell, wenn sie Grundlagenwissen voranbringen sollen.

Wenn ein Politiker sie als solche akzeptiert, werden sie zur Beratung. Im Wesentlichen ist zwischen der internen Politikberatung durch Fachbehörden und externer Politikberatung zu unterscheiden. Zur internen Politikberatung benötigen die Verwaltungen die Einbeziehung wissenschaftlicher Expertise, die sie bewerten und verantworten. Diese kann sowohl aus eigenen Forschungseinrichtungen wie auch aus Forschungsaufträgen an Dritte stammen. Externe Politikberatung hingegen erfolgt unabhängig hiervon durch Interessengruppen und Einzelpersonen aus Verbänden und der Wissenschaft.

Der vorliegende Beitrag befasst sich im Wesentlichen mit der Organisation und den Inhalten „interner“ Politikberatung.

Pflanzenbauwissenschaften und Politikberatung

In den vergangenen Jahrzehnten wurden öffentlich vor allem die mit der Intensivierung der Landwirtschaft in den Industrieländern verbundenen Risiken für den Naturhaushalt wahrgenommen. Vor diesem Hintergrund wurden viele Fragestellungen an die Pflanzenbauwissenschaften in Forschungsvorhaben formuliert, deren Ergebnisse teilweise in ordnungsrechtlichen Regelungen mündeten (z. B. Düngung, Bodenschutz, Naturschutz, Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem ordnungsgemäßen landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand, Pflanzenschutz).

Auch die aktuellen Diskussionen über Ursachen und Wirkungen der erwarteten Klimaänderungen sind von dieser Grundtendenz geprägt. Parallel dazu wird vielen in Deutschland und international bewusst, dass angesichts einer für das Jahr 2050 prognostizierten Weltbevölkerung von etwa 9,5 Mrd. Menschen die weitere Steigerung der Nahrungsmittelerzeugung notwendig ist, insbesondere da heute der Produktivitätszuwachs hinter dem Wachstum des Nahrungsmittelverbrauchs zurückbleibt. Die wesentliche Herausforderung für die Pflanzenbauwissenschaften ist daher die Steigerung der Effizienz in der Pflanzenerzeugung. Dabei ist Effizienz als optimierter, d. h. möglichst verlustarmer Einsatz von Betriebsmitteln zu verstehen.

Hier besteht und entwickelt sich Entscheidungshilfebedarf für die Politik. Deren Fragen kommen aber nicht immer „geordnet“, vor allem sollen sie in der Regel sehr kurzfristig beantwortet werden.

Gleichwohl bildet die Umsetzung „reiner“ Forschung der Universitäten in eine Argumentation, die zur Politikberatung geeignet ist, eine immer wieder neu zu stellende Aufgabe. Sie ist bedeutsam, weil sie immer wieder auch zur Infragestellung scheinbar fest gefügter Lehrmeinungen führen kann und zur Vereinfachung komplizierter Sachzusammenhänge zwingt. Damit dies gelingen kann, bedarf es auch der vertieften Erörterung, z. B. von Randbedingungen, innerhalb derer wissenschaftliche Aussagen gültig sind, von Kriterien, die Identifizierung und Beobachtung von Trends ermöglichen, sowie von Argumenten, die die Aussagekraft wissenschaftlich gestützter Prognosen erhärten.

Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, benötigt Forschung in den Pflanzenbauwissenschaften stets auch einen Sockel an „Vorlaufforschung“, aus dem sie ihre Expertise in Breite und Tiefe schöpft. Darunter sind Forschungsarbeiten zu verstehen, die nicht in erster Linie der Beantwortung einer aktuellen Frage dienen, sondern die es der Wissenschaft ermöglichen, kurzfristig auftretende Fragen ohne längere Forschungsprojekte beantworten zu können. Die Förderung von Vorlaufforschung ist gleichwohl mit hohem Risiko behaftet, weil sie in der Regel „ex post“-Evaluierungen nicht standhält. Bei der Förderung von Vorlaufforschung ist die Kreativität von Forschern und potenziellen Auftraggebern nötig, um trotz offener Zieldefinition dennoch verwendbare Erkenntnisfortschritte zu erhalten. Die Kriterien einer wettbewerbsorientierten Forschungsförderung setzen hier äußerst enge Grenzen.

Die Pflanzenbauwissenschaften haben gegenüber anderen Disziplinen einen gewissen Nachteil, weil sie in der Regel in den Grenzen der Fachdisziplin argumentieren, während die Erwartungen eher auf administrativ verallgemeinerbare Ergebnisse gerichtet sind. Diese Umsetzung stellt eine erhebliche Herausforderung dar, die mit interdisziplinärer Abstimmung, z. B. auch des Einschlusses ökonomischer Gesichtspunkte zu bewältigen ist.

Die Pflanzenbauwissenschaften müssen sich daher, soweit sie Politikberatung betreiben, über die engeren Grenzen des speziellen und des allgemeinen

Pflanzenbaus hinaus begeben und sowohl ihre eigenen „Spezialwissenschaften“, wie Pflanzenzüchtung, -schutz, -ernährung als auch benachbarte Zweige wie beispielsweise Boden- und Gewässerkunde erfassen. Sie werden daher im Idealfall gleichzeitig Spezialwissenschaft wie auch in gewissem Umfang „integrierende“ Disziplin sein.

Die vorstehenden Ausführungen beschränken sich bewusst auf die Aspekte der Politikberatung. Da diese aber selbstverständlich wissenschaftliche Exzellenz und Reputation erwartet, ist abschließend darauf hinzuweisen, dass die Bestellung des Spannungsfelds zwischen den akademischen Ansprüchen (anerkannte Publikationen und einschlägige Zitierungen) und den Erwartungen der Politikberatung zur hohen Schule des modernen akademischen Ackerbaus gehört.

ISIP – Online-Entscheidungshilfen für die Pflanzenproduktion

Manfred Röhrig & Reinhard Sander

Einleitung

Zur Optimierung ihrer Produktionsverfahren im Sinne einer integrierten Pflanzenproduktion benötigen Landwirte entsprechende Informationen und zwar schnell, unkompliziert und zum richtigen Zeitpunkt.

Hierzu stehen zwar eine Vielzahl an Entscheidungshilfen und Modellen zur Verfügung, doch sie werden in der Praxis relativ wenig eingesetzt. Gründe dafür sind in der oft nur lokalen Validierung und Anwendungsmöglichkeit zu suchen, d. h. eine Bereitstellung für einen großen Anwenderkreis erfolgt in der Regel nicht. Die Modellentwickler verfügen meist nicht über ein Vertriebs- und Hotlinesystem und damit nicht über die Möglichkeit, einzelne Anwender bei der technischen Handhabung (Softwareinstallation, Einbindung aktueller Wetterdaten usw.) sowie auch bei der Modellergebnisinterpretation hinreichend zu unterstützen. Ebenso muss der einzelne Anwender den Umgang mit jedem speziellen Programm erlernen, da für die Benutzerführung keinerlei Normierung existiert. Dies reduziert die Akzeptanz solcher einzelner Entscheidungshilfen erheblich. In der Konsequenz bedeutet das, dass wertvolle Hilfsmittel für eine optimierte und umweltschonende Pflanzenproduktion in der breiten Praxis nicht zur Anwendung kommen oder gar weiterentwickelt werden.

Diesem Problem stellt sich das Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion, kurz ISIP. Seit 2001 ist es das gemeinsame Internetportal der deutschen Landwirtschaftskammern und Bundesländer zur unabhängigen und wissenschaftlich fundierten Beratung im Sinne einer umweltverträglichen Pflanzenproduktion. Das System kann von Forschungseinrichtungen verwendet werden, um neue wissenschaftliche Erkenntnisse schnell für die Praxis nutzbar zu machen.

Vorgehensweise

ISIP bietet der Praxis Informationen rund um die integrierte Pflanzenproduktion in unterschiedlicher Skalierung:

- *Allgemein*: In der Infothek werden Hintergrundwissen und Standardempfehlungen zu einer Vielzahl von Kulturen angeboten.
- *Regional*: Auf den Portalseiten der ISIP-Mitglieder werden aktuelle Nachrichten zu allen Bereichen zur Verfügung gestellt. Im Bereich Versuchsberichte können die Ergebnisse des amtlichen Versuchswesens heruntergeladen werden.
- *Individuell*: Prognosemodelle geben nicht nur einen regionalen Überblick, sondern können nach Eingabe eigener Schlagdaten spezifische Handlungsempfehlungen liefern.

Das Hauptaugenmerk im ISIP-System liegt in den schlagspezifischen Entscheidungshilfen. Die derzeit genutzten Prognosemodelle sind überwiegend wetterbasiert und ziehen ihre Datengrundlage aus einem Messnetz von bundesweit ca. 560 Wetterstationen. Durch die Integration eines Geografischen Informationssystems (GIS) wird zukünftig auch die Möglichkeit bestehen, Geodaten als Inputparameter für Modelle zu verwenden (Enderl und Röhrig, diese Tagung).

Modellersteller werden sowohl in technischer als auch in fachlicher Hinsicht unterstützt:

- Zur technischen Implementierung steht eine Art „Werkzeugkoffer“ mit verschiedenen Bausteinen zur Verfügung: Eine sog. Masterkomponente für wetterbasierte Modelle enthält bereits wichtige Schnittstellen z. B. zum Abruf von Wetterdaten oder zur Eingabe von Algorithmen. Bei der Darstellung erlauben vorhandene Präsentationsbausteine eine flexible Darstellung der Ergebnisse als Karte, Tabelle, Text oder Diagramm.
- Bei der fachlichen Umsetzung kann auf ein weites Netzwerk zurückgegriffen werden, zu dem die in ISIP beteiligten Bundesländer und weitere Organisationen gehören. In Abstimmung mit den Modellerstellern wird so neben dem Betrieb auch eine Validierung und Weiterentwicklung der Entscheidungshilfen möglich.

Durch die modulare Softwarearchitektur des Systems wird eine weitgehende Trennung zwischen Darstellung und Inhalt erreicht. Dies hebt die enge Verzahnung der einzelnen Modellkomponenten vorhandener Anwendungen auf und erleichtert deren Pflege und Weiterentwicklung wesentlich.

Diskussion

ISIP ist aus einer Initiative der Pflanzenschutzdienste entstanden, die die Bereitstellung von Prognosemodellen für die Praxis zum Ziel hat. Der fachliche Schwerpunkt des Systems liegt daher derzeit auf Entscheidungshilfen zur Bestimmung der Notwendigkeit, des Zeitpunktes und der Strategie von Pflanzenschutzmaßnahmen. Modellansätze für den Pflanzenbau finden erst nach und nach Eingang in ISIP. Beispiele sind:

- Simulation der Bestandesentwicklung von Wintergetreide (SIMONTO)
- N₂-Fixierleistung und N-Flächenbilanz bei Leguminosen im ökologischen Anbau (LeNiBa)
- Stickstoffdüngung in Winterweizen (laufendes Projekt)
- Berechnung der Humusbilanz nach den Vorgaben von Cross Compliance (laufendes Projekt)
- Sortenwahl (laufendes Projekt)

Damit ist ein erster Schritt getan, doch ein weiterer Ausbau pflanzenbaulicher Inhalte ist durchaus möglich und auch erwünscht. Insbesondere dynamische Ansätze auf Basis von Wetter- und Bodenparametern, z. B. Modelle zur Ertragsschätzung oder Bewässerungssteuerung, könnten in ISIP einer breiten Praxisnutzung zugeführt werden.

Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau - Herausforderungen gemeinsam meistern

Frank Ordon

Einleitung

Pflanzenzüchtung, Pflanzenbau und Pflanzenschutz haben im Zusammenspiel in den vergangenen Jahrzehnten weltweit zu erheblichen Ertragssteigerungen geführt (Abeledo et al. 2002, Sherman et al. 2005). In Deutschland ermittelte Schuster (1997) für den Zeitraum 1956-1983 einen jährlichen Ertragsanstieg bei Winterweizen von $118 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ von denen ca. 42 kg auf den Züchtungsfortschritt zurückzuführen sind. Bei der mehrzeiligen Wintergerste weisen Arbeiten von Ahlemeyer (2009) einen Ertragszuwachs von durchschnittlich $70 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ in den vergangenen 50 Jahren aus. Ca. 50% dieser Ertragssteigerung beruhen auf dem Züchtungsfortschritt. Insgesamt zeigt sich ein linearer Trend des Ertragszuwachses, jedoch traten bei Weizen und Gerste deutliche Abweichungen von diesem Trend nach unten in den Jahren 2003 und 2007 auf. Diese Jahre waren durch geringe Niederschläge und überdurchschnittlich hohe Temperaturen während der Kornfüllungsphase bzw. im Frühjahr gekennzeichnet (Ahlemeyer 2009).

Diese Tatsache deutet daraufhin, dass auch in unseren Breiten mit einem vermehrten Auftreten abiotischer Stressfaktoren zu rechnen ist. Der Klimawandel, der in Deutschland nach Vorhersagen des IPCC (IPCC 2007) - neben einem Anstieg der Durchschnittstemperatur um $2,5\text{-}3,5^\circ\text{C}$ bis zum Jahr 2100 (für Einzelheiten vgl. Groß 2007) – durch mildere und feuchtere Winter bzw. wärmere und trockenere Sommer gekennzeichnet sein wird, sowie durch Veränderungen der Niederschlagsmenge bzw. -verteilung, d.h. in einigen Regionen wird eine Reduktion der Gesamtniederschlagsmenge zu beobachten sein, während sich in anderen Gebieten lang anhaltende Trockenphasen mit Perioden extremer Niederschläge abwechseln können, erfordert somit erhebliche Anpassungsreaktionen in Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, um auch langfristig die steigende Nachfrage nach Nahrungs- und Futtermitteln sowie Rohstoffen für die Bioenergiegewinnung und weitere Anwendungsgebiete befriedigen zu können. Verschärft wird diese Situation durch die Tatsache, dass bereits im Jahr 2050 9 Mrd. Menschen zu ernähren sind.

Aus pflanzenbaulicher Sicht können Anpassungsreaktionen an trockenere und wärmere Bedingungen in einer Reduktion der Saatstärke, einer Abnahme der Bodenbearbeitungsintensität, einer Zunahme der bewässerten Fläche und in einer Erweiterung des Kulturartenspektrums bestehen (Christen 2007, 2008), wodurch das Witterungsrisiko auf mehrere Kulturarten verteilt und daher reduziert wird. So könnten unter veränderten Klimabedingungen Kulturarten wie der Winterhafer oder Winterleguminosen, z.B. Ackerbohnen, auch unter unseren Bedingungen Anbauwürdigkeit erlangen. Ebenso könnte Sorghum Hirse als trockentolerante Kulturart an Bedeutung gewinnen, und der Anbau von Körnermais und Soja könnte sich weiter nach Norden ausdehnen. Weiterhin könnten Kulturarten wie die Sonnenblume, deren Anbaufläche in Deutschland in den 1990er Jahren nahezu bei 200.000 ha lag, wieder an Bedeutung gewinnen. In Energiefruchtfolgen werden weitere Pflanzenarten, wie Sudangras oder Luzerne, die bisher nur unzureichend züchterisch bearbeitet sind, Eingang finden.

Vor dem Hintergrund dieser pflanzenbaulichen Anpassungsreaktionen kommt der züchterischen Verbesserung der Kulturpflanzen im Hinblick auf eine Anpassung an die sich verändernden Klima- und Produktionsbedingungen eine Schlüsselstellung zu. Die notwendigen züchterischen Verbesserungen umfassen einerseits eine Steigerung der Ertragsleistung, sowie andererseits eine Anpassung an sich verändernde abiotische Stressbedingungen wie Trockenheit und Hitze. Neben der Ertragsleistung ist dabei auch die Qualität der Ernteprodukte zu berücksichtigen. So zeigen Arbeiten von Jansen et al. (2009), dass mit steigenden Temperaturen während der Kornfüllungsphase bei der Blauen Süßlupine auch der Alkaloidgehalt ansteigt. Darüber hinaus ist zukünftig - wie bereits heute - die Verbesserung der Resistenzeigenschaften allgemein sowie im Besonderen gegen neu auftretende bzw. bisher wenig bedeutende Schaderreger im Hinblick auf eine Ertragssicherung sowie eine umwelt- und verbraucherfreundliche Pflanzenproduktion von Bedeutung.

Pflanzenzüchterisches Instrumentarium

Die klassischen Selektionsmethoden - wie die Pedigree Selektion bei Selbstbefruchtern - bilden nach wie vor das Rückgrat auch der modernen Pflanzenzüchtung und haben in den vergangenen Jahrzehnten weltweit zu erheblichen Ertragssteigerungen und Verbesserungen in der Qualität und Resistenz geführt (s.o.). In den verschiedenen Phasen der Sortenzüchtung, d.h. (i) der Schaffung genetischer Variation, (ii) der Selektion von Sortenkandidaten und (iii) der Erhaltung und Vermehrung von Sortenkandidaten, werden heute - neben Verfahren der Zell- und Gewebekultur, z.B. zur Erzeugung haploider bzw. doppelhaploider Pflanzen, welche zu einer wesentlichen Beschleunigung des Zuchtganges führen, oder der Nutzung der Protoplastenfusionen bzw. gentechnischer Verfahren zur Erzeugung neuer genetischer Variation (vgl. Friedt u. Ordon 2006) - in erheblichem Umfang molekulare Methoden eingesetzt bzw. Erkenntnisse aus der Genomanalyse genutzt (vgl. Ordon 2008). Einen Überblick über den Einsatz biotechnologischer Methoden in der Pflanzenzüchtung zur Nutzbarmachung der im Genpool einer Kulturart vorhandenen genetischen Variation gibt die Abbildung 1.

War die Selektion bis in die 1990er Jahre im Wesentlichen auf den Phänotyp beschränkt, so erlauben molekulare Markertechniken heute eine sichere, umweltunabhängige Selektion auf DNA- bzw. RNA-Ebene, wenn entsprechende Sequenzunterschiede hinreichend eng mit Majorgenen bzw. Quantitative Trait Loci (QTL) gekoppelt sind oder im Idealfall im Zielgen selbst liegen. Zu Beginn der Nutzung molekularer Techniken in der Pflanzenzüchtung waren lediglich wenige Marker für einfach vererbte Merkmale, z.B. Resistenzen, bekannt, während heute - z.B. in der Gerste - dichte, genomabdeckende genetische Karten zur Verfügung stehen, und molekulare Marker für eine Vielzahl von Majorgenen und QTL verfügbar sind (Friedt und Ordon 2007), welche effektive markergestützte Selektionsverfahren im Hinblick auf die verschiedensten Zuchtziele erlauben. Molekulare Techniken wie DARs (Diversity Array Technology), oder der auf Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) beruhende Illumina GoldenGate Assay, ermöglichen heute weiterhin eine Genotypisierung im Hochdurchsatzverfahren und ebnen den Weg für eine Nutzung assoziationsgenetischer Verfahren in der Pflanzenzüchtung. Insbesondere jedoch die Fortschritte in der Genomsequenzierung haben im Zusammenspiel mit der Entwicklung von Verfahren zur Identifikation differentiell exprimierter Gene (z.B. Kong et al. 2007) und zum Funktionsnachweis entsprechender Gene mittels TILLING (Targeted Induced Local Lesions in Genomes, Till et al. 2006) bzw. gentechnischer

In diesem Zusammenhang konnte gezeigt werden, dass mit dem aus *Arabidopsis thaliana* stammenden Transkriptionsfaktor DREBA1A transformierter Weizen unter Gewächshausbedingungen deutlich verzögert Welkesymptome zeigt im Vergleich zur nicht transformierten Kontrolle (Pellegrineschi et al. 2004).

Da auf konventionellen Weg, wie oben dargestellt, die Züchtung trocken toleranter Genotypen ein langwieriger und schwieriger Weg ist, werden momentan in anderen Teilen der Welt, neben markergestützten Selektionsverfahren, erhebliche Anstrengungen zur Erzeugung gentechnisch veränderter, trocken toleranter Genotypen, insbesondere beim Mais, durchgeführt.

Veränderte Pathogensituation

Mit Blick auf die Resistenz gegen Schaderreger und die Kombination von Resistenzen mit hervorragenden Ertrags- und Qualitätseigenschaften konnte die Pflanzenzüchtung in den vergangenen Jahren erhebliche Erfolge erzielen, die zu einer umweltfreundlichen und nachhaltigen Landwirtschaft ebenso beigetragen haben wie zum Gesundheitsschutz der Verbraucher und der Schonung der natürlichen Ressourcen Boden, Wasser und Biodiversität. Bei der Wintergerste beispielsweise waren noch im Jahr 1985 nur drei von 38 zugelassenen Sorten hinreichend resistent gegen Mehltau, jedoch zeigten diese nur eine unbefriedigende Ertragsleistung. Im Jahr 2008 dagegen waren 32 von 68 zugelassenen Sorten als resistent eingestuft; 23 von ihnen zählten zu den ertragsstärksten Sorten.

Der Klimawandel, der regional differenziert, jedoch im allgemeinen durch mildere und feuchtere Winter bzw. trockenere und wärmere Sommer gekennzeichnet sein wird, hat auch erheblichen Einfluss auf das Auftreten phytopathogener Insekten, Pilze, Bakterien und Viren. In diesem Zusammenhang ist einerseits mit dem Vordringen wärmeliebender Pathogene nach Norden zu rechnen sowie andererseits mit einer Verschiebung der Bedeutung bereits etablierter Pathogene.

So ermöglichte der sich nach Norden ausdehnende Maisanbau eine Verbreitung des Maiszünslers (*Ostrina nubilalis*), ausgehend von klimatisch begünstigten Gebieten Süddeutschlands, bis weit nach Norddeutschland (Heidel, 2007), wo er unter den zukünftig veränderten Klimabedingungen bessere Lebensbedingungen vorfinden wird. Neben Arealverschiebungen können Klimaveränderungen zu Verschiebungen im zeitlichen Auftreten der Schaderreger führen. Für die Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*), ein Hauptvektor von Pflanzenviren, hat sich der Flugbeginn in England in den letzten 40 Jahren im Mittel um 10 Tage verfrüht, wobei für die Jahre von 1965 bis 2000 78% der beobachteten Varianz auf die mittleren Januar- und Februartemperaturen zurückzuführen waren (Harrington et al., 2007). Insektenresistenzen, z.B. gegen Blattläuse, sind in Kulturarten und verwandten Arten relativ selten, so dass sich in diesem Zusammenhang insbesondere gentechnische Verfahren, wie z.B. die Nutzung weiterer insektenpathogener Proteine (Whitehouse et al. 2007) oder die Nutzung von kurzen, sogenannten „interfering RNAs (RNAi)“ zur Erzeugung von Insektenresistenz anbieten (Baum et al. 2007).

Vor dem Hintergrund der vorausgesagten Klimaveränderungen wird sich auch die wirtschaftliche Bedeutung von Pflanzenviren verändern. Durch die Förderung ihrer Vektoren ist von einem zunehmenden Auftreten bereits bekannter insektenübertragener Viren, wie z. B. des *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) und des *Wheat dwarf virus* (WDV) an Getreide, *Turnip yellows virus* (TuYV) an Raps, *Potato leafroll virus* (PLRV) und *Potato virus Y* (PVY) an Kartoffel auszugehen. Neben den blattlaus- und zikadenübertragenen Viren ist auch mit der zunehmenden

wirtschaftlichen Bedeutung von Viren, die durch andere Vektoren übertragen werden, wie z. B. des milbenübertragenen *Wheat streak mosaic virus* (WSMV), welches in den USA zu erheblichen Ertragsverlusten führt (French und Stenger, 2003), und in Europa bereits in Frankreich und Südosteuropa nachgewiesen wurde (Rabenstein et. al., 2008), zu rechnen.

Durch den Klimawandel ist davon auszugehen, dass im Allgemeinen die wärmeliebenden Pilzkrankheiten zu-, und die feuchtigkeitsliebenden abnehmen werden (Hassenpflug, 2007), d.h., dass Krankheiten wie Septoria-Blattdürre beim Weizen (*Septoria tritici*), Phoma an Raps (*Phoma lingam*), die Rhynchosporium-Blattfleckenkrankheit (*Rhynchosporium secalis*) bei Gerste und Roggen oder die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel (*Phytophthora infestans*) an Bedeutung verlieren werden, während Erreger mit höheren Temperatursprüchen, wie der Schwarzrost (*Puccinia graminis*), die Alternaria-Dürrfleckenkrankheit der Kartoffel oder die Cercospora-Blattfleckenkrankheit (*Cercospora beticola*) bei Rübe sich ausbreiten werden.

Gegenüber pilzlichen und viralen Schaderregern sind z.B. in der Gerste (vgl. Friedt und Ordon 2007), aber auch bei anderen bedeutenden Kulturarten, molekulare Marker für eine Vielzahl von Resistenzgenen und QTL bekannt, und es konnten bereits verschiedene Resistenzgene isoliert werden. Sind entsprechende Resistenzgene bekannt, so kann einerseits in TILLING-Populationen (s.o.) nach neuen u.U. wirksameren Allelen gesucht werden, oder es können große Genbankkollektionen im Hinblick auf allelische Diversität analysiert werden. Entsprechende in nicht adaptierten Genotypen identifizierte Gene oder Allele können in einem nächsten Schritt effektiv markergestützt in adaptiertes Zuchtmaterial eingebracht werden, z.B. durch markergestützte Rückkreuzungsprogramme (vgl. Ordon et al. 2003), bzw. es können Resistenzgene gegen verschiedene Pathogene effektiv markergestützt kombiniert werden. In aktuellen Arbeiten konnte gezeigt werden, dass die markergestützte Kombination der gegenüber BYDV wirksamen Loci *Ryd2*, *Ryd3* und eines weiteren QTL auf Chromosom 2H der Gerste zu einer deutlichen Verbesserung der Toleranz der Gerste gegenüber dieser Virose führt (Habekuss et al. 2009).

Zusammenfassung

Die Ernährungssicherung, d.h. die Ernährung von 9 Mrd. Menschen im Jahre 2050, vor dem Hintergrund des Klimawandels stellt erhebliche Herausforderungen an Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Der Klimawandel bedingt veränderte Produktionsbedingungen und -techniken sowie Fruchtfolgegestaltungen. Es ist die Aufgabe der Pflanzenzüchtung für diese veränderten produktionstechnischen und klimatischen Bedingungen geeignete Sorten zur Verfügung zu stellen. Dies beinhaltet einerseits die genetische Adaption bereits etablierter Kulturarten an die neuen Produktionsbedingungen und andererseits die züchterische Bearbeitung von Kulturarten, die bisher in Deutschland bedeutungslos bzw. von geringer Bedeutung sind. Neben den klassischen Selektionsverfahren steht der Pflanzenzüchtung heute ein breites Instrumentarium an biotechnologischen Methoden zur Verfügung, um diese Ziele schneller und effektiver erreichen zu können.

Literatur

- Abeledo, L.G.; D.F. Calderini und G.A. Slafer 2002: Physiological changes associated with genetic improvement of grain yield in barley. In: Slafer GA, Molina-Cano JL, Savin R, Araus JL, Romagosa I (eds) Barley science: Recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality. Food Products Press, New York, London, Oxford 361-386.
- Ahlemeyer, J. 2009: Nur noch wenig Ertragszuwächse. DLG Saatgutmagazin, Juli 2009: 22-24.
- Baum, J.A.; T. Bogaert; W. Clinton; G.R. Heck; P. Feldmann; S. Johnson; G. Plaetinck; T. Munyikwa; M. Pleau; T. Vaughn und J. Roberts 2007: Control of coleopteran insect pests through RNA interference. Nature Biotechnology 25: 1322-1326.
- Bhatnagar-Mathur, P.; V. Vadez und K.K. Sharma 2008: Transgenic approaches for abiotic stress tolerance in plants: retrospect and prospects. Plant Cell Rep. 27: 411-424.
- Cattivelli, L.; F. Rizza; F. Badeck; E. Mazzucotelli; A.M. Mastrangelo; E. Francia; C. Mare; A. Tondelli und A.M. Stanca 2008: Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research 105: 1-14.
- Christen, O. 2007: Auswirkungen des Klimas auf die Pflanzenproduktion. Vortr. Pflanzenzüchtung 72: 15-19.
- Christen, O. 2008: Langfristige Trends und Anpassung der Anbausysteme an den Klimawandel. In: von Tiedemann, A., Heitefuss, R., Feldman, F., (Hrsg.) Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz. DPG Spektrum Phytomedizin 57-64.
- French, R. und D.C. Stenger 2003: Evolution of wheat streak mosaic virus: dynamics of population growth within plants may explain limited variation. Annu. Rev. Phytopathol. 41: 199-214.
- Friedt, W. und K. Link 2007: Ansätze der Züchtung auf Stresstoleranz. Vorträge Pflanzenzüchtung 72: 69-77.
- Friedt, W. und F. Ordon 2006: Pflanzenzüchtung – Klassische und moderne Methoden. In: Lütke Entrup, N., Oehmichen, N., Lehrbuch des Pflanzenbaues, Bd. 1. Grundlagen. AgroConcept, Bonn 713-772.
- Friedt, W. und F. Ordon 2007: Molecular markers for gene pyramiding and disease resistance breeding in barley. In Varshney R., Tuberosa, R., Genomics assisted crop improvement, Springer, 81-101.
- Groß, G. 2007: Klimaperspektiven für das 21. Jahrhundert. Vortr. Pflanzenzüchtung 72: 9-14.
- Habeck, A.; C. Riedel; E. Schliephake und F. Ordon 2009: Breeding for resistance to insect transmitted viruses - an emerging challenge due to global warming. J. of cultivated plants 61: 87-91.
- Harrington, R.; S.J. Clark; S.J. Welham; P.J. Verrier; C.H. Denholm; M. Hulle; D. Maurice; M.D. Rounsevell und N. Cocu 2007: Environmental change and the phenology of European aphids. Global Change Biology 8: 1550-1564.
- Hassenpflug, H.-G. 2007: Europa im Klimawandel. <http://www.bi-buetzfleth.de/app/download/490751309/Europa+im+Klimawandel+-+Hassenpflug>. Pdf.
- Heidel, W. 2007: Der Maiszünsler in Mecklenburg-Vorpommern – Befallsausbreitung und Bekämpfungsstrategien. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 59: 270-273.
- IPCC 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M.L. Parry, O.F., Canziani, J.P., Palutikof, P.J., van der Linden and C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jansen, G.; H.U. Jürgens und F. Ordon 2009: Effects of Temperature on the alkaloid content of seeds of *Lupinus angustifolius* cultivars. J. Agronomy and Crop Sci. 195: 172-177.
- Kong, L.; H.W. Ohm und J.M. Anderson 2007: Expression analysis of defense-related genes in wheat in response to infection by *Fusarium graminearum*. Genome 50: 1038-1048.
- Ordon, F. 2008: Pflanzenzüchterische Möglichkeiten der Anpassung von Nutzpflanzen an zukünftige Produktionsbedingungen. In: von Tiedemann, A., Heitefuss, R., Feldman, F., (Hrsg.) Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz. DPG Spektrum Phytomedizin 80-102.
- Ordon, F.; K. Werner; B. Pello; A. Schiemann; W. Friedt und A. Graner 2003: Molecular breeding for resistance to soil-borne viruses (BaMMV, BaYMV, BaYMV-2) of barley (*Hordeum vulgare* L.). J. Plant Dis. Prot. 110: 287-295.
- Pellegrineschi, A.; M. Reynolds; M. Pacheco; R.M. Brito; R. Almeraya; K. Yamaguchi-Shinozaki und D. Hoisington 2004: Stress-induced expression in wheat of the Arabidopsis thaliana DREB1A gene delays water stress symptoms under greenhouse conditions. Genome 47: 493-500.
- Pennisi, E. 2008: Plant genetics: The blue revolution, drop by drop, gene by gene. Science 320: 171-173.
- Rabenstein, F.; R. Götz; W. Huth und R. French 2008: Identifizierung und Charakterisierung neuer Viren aus europäischen Weizenherkünften. Mitteilungen aus dem Julius Kühn-Institut 417: 121-122.
- Schuster, W.H. 1997: Welchen Beitrag leistet die Pflanzenzüchtung zur Leistungssteigerung von Kulturpflanzenarten. Pflanzenbauwissenschaften 1: 9-18.
- Shearman, V.J.; R. Sylvester-Bradley; R.K. Scott und M.J. Foulkes 2005: Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. Crop Science 45: 175-185.
- Till, B.J.; T. Zerr; L. Comai und S. Henikoff 2006: A protocol for TILLING and Ecotilling in plants and animals. Nature Protocols 1: 2465-2477.
- Whitehouse, M.E.A.; L.J. Wilson und G.A. Constable 2007: Target and non-target effects on the invertebrate community of Vip cotton, a new insecticidal transgenic. Australian Journal of Agricultural Research 58: 273-285.

Modellansätze zur Schätzung der Kornzahl in Winterweizen

Arne Ratjen, Ulf Böttcher & Henning Kage

Einleitung

Für die Modellierung der Ertragsbildung von Weizen ist eine möglichst genaue Berechnung der Kornzahl pro Quadratmeter (KNO) eine entscheidende Voraussetzung, da die Kornfüllungsrate häufig auf Einzelkornebene berechnet wird (z. B. CERES-Wheat). Systematische Vergleiche verschiedener Berechnungsansätze sind bisher jedoch nur selten durchgeführt worden.

Material und Methoden

Fünf verschiedene Modellansätze zur Berechnung von KNO wurden verglichen:

Ansatz 1: KNO als lineare Regression der Sprosstrockenmasse (DM_{Shoot} , gm^{-2}) zu Beginn der Blüte (Vos, 1981)

$$KNO = 35 \times 10^6 + 14 \times 10^3 \times DM_{\text{Shoot}} \quad (1)$$

Ansatz 2: KNO als Funktion der Ährentrockenmasse (DM_{Spike}) zur Mitte der Blüte (BBCH 65):

$$KNO = DM_{\text{Spike}} \times 100, \quad (2)$$

wobei DM_{Spike} dem halben Sprosszuwachs zwischen BBCH 39 und 65 entspricht.

Ansatz 3: KNO nach Demotes-Mainard und Jeuffroy (2001) als Funktion aus Einstrahlung (PAR, MJm⁻²d⁻¹), Temperatur (Temp., °C) und N nutrition index (NNI) zur Blüte:

$$KNO = -4091.8 + 12160 \times \ln(NNI) + 41889 \times Q_{45}, \quad (3)$$

wobei Q_{45} dem Quotienten aus akkumulierter Einstrahlung und Temperatur, über die letzten 45 Tage vor Blühbeginn entspricht.

Ansatz 4: Kornzahl je Pflanze (GRNUM) nach CERES-Wheat V. 4 (CW4), als Funktion von Blatttrockenmasse (LFWT), Stängeltrockenmasse (STWT) und Reservekohlenhydraten (RSWT) am Ende der Blüte und einem genotypischen Parameter (G_{CWT}):

$$GRNUM = (LFWT + STWT + RSWT) \times G_{\text{CWT}}, \quad (4)$$

wobei $STWT + LFWT + RSWT$ multipliziert mit der Pflanzenzahl pro m^2 (P) der Sprossmasse pro m^2 entspricht. Daher ergibt sich KNO aus $DM_{\text{Shoot}} \times G_{\text{CWT}}$.

Ansatz 5: KNO als Potenzfunktion aus dem logarithmierten Produkt von DM_{Shoot} , Q_{45} und NNI. Diese Funktion wurde ausschließlich an der Sorte Arminda kalibriert. Um die Funktion auf modernere Sorten zu übertragen wurde ein genotypischer Parameter G_{New} analog zum Ansatz 4 eingefügt:

$$KNO = G_{\text{New}} \times 148.07 \times \ln(DM_{\text{Shoot}} \times NNI \times Q_{45})^{2.7568} \quad (5)$$

Die oben stehenden Algorithmen wurden in der Entwicklungsumgebung *HUME* (Kage und Stützel 1999), welche Parameterschätzung nach dem Levenberg-Marquardt-Algorithmus unterstützt, implementiert. Logistische Wachstumsfunktionen wurden an mindestens 4 destruktiv erhobenen Datenpunkten (ab BBCH 30) für Sprosstrockenmasse (DM_{Shoot} , gm^{-2}) angepasst. Die N-Konzentration im Spross wurde durch lineare Interpolation abgeleitet. Die Daten stammen aus Feldversuchen mit variierenden Sorten und N-Stufen (Tabelle 1). Die BBCH-Stadien wurden von

einem Phänologiemodell basierend auf Temperatursummen, Vernalisation und Photoperiode abgeleitet (Johnen et al. 2006). Eine Parameteranpassung erfolgte nur für die genotypischen Parameterwerte der Ansätze 4 und 5. Diese waren zwischen den moderneren Sorten (Cubus, Ritmo, Hybred, Dekan, Tommi) nicht signifikant verschieden. Deshalb wurden sie durch eine stratifizierte Kreuzvalidierung gemeinsam geschätzt.

Tabelle 1: Übersicht der verwendeten Varianten

n	Jahr	Sorten	Standort	N-Stufen [kgN×ha ⁻¹]
4	2004	Ritmo	Hohenschulen	0, 120, 192, 320
32	2005, 2006	Cubus, Ritmo, Hybred ^{a)} , Dekan, Tommi ^{b)}	Hohenschulen	0, 80, 160, 240
3	1983 ^{c)}	Arminda	EEST	0, 60, 160
3	1983 ^{c)}	Arminda	PAGV	80, 140, 240
3	1984 ^{c)}	Arminda	PAGV	80, 180, 240

^{a)}nur 2005, ^{b)}nur 2006, ^{c)}Groot (1987), nur zur Entwicklung Ansatz 5

Ergebnisse und Diskussion

Die einfache Regression zwischen Sprosstrockenmasse zur Blüte und KNO (Ansatz 1, Tabelle 2) zeigte einen geringeren mittleren Fehler (MAE) als die Berechnung über den Zuwachs (Ansatz 2). Die Einbeziehung eines genotypischen Parameters (Ansatz 4) brachte gegenüber Ansatz 1 eine gewisse Verbesserung. Durch Ansatz 3 konnte bestätigt werden, dass Q_{45} und NNI geeignete Schätzer für KNO sind. Jedoch erscheint eine von der Trockenmasse unabhängige Berechnung von KNO nicht sinnvoll. Den geringsten Fehler zeigte Ansatz 5 unter Einbeziehung von NNI, Q_{45} und DM_{Shoot} mit einem genotypischen Parameter. Im Vergleich zwischen Ansatz 4 und 5 zeigt sich, dass durch die Einbeziehung von Wetterdaten und N-Versorgungsgrad KNO besser geschätzt werden kann als über die gebildete Sprossmasse allein. Es konnte ebenfalls gezeigt werden, dass sich dieser Ansatz auf moderne Sorten übertragen lässt.

Tabelle 2: Beobachtete und simulierte Kornzahl/m² (KNO) sowie statistische Parameter der Gütebewertung der Prognose

	KNO	RMSE	MAE	Bias	r ²	G _{CWT} /G _{New}
Obs.	18390	-	-	-	-	-
Ansatz 1	18658	2488	2079	268.4	0.75	-
Ansatz 2	22192	4971	3899	3802.0	0.75	-
Ansatz 3	16981	2902	2378	-1409.0	0.74	-
Ansatz 4	18431	1731	1401	41.0	0.87	15.24±0.22
Ansatz 5	18317	1346	1028	-73.1	0.92	0.83±0.01

n= 36, ± SD, Datensatz: Hohenschulen 2004-2006

Literatur

- Demotes-Mainard, S. und M.H. Jeuffroy 2001: Incorporating radiation and nitrogen nutrition into a model of kernel number in wheat. *Crop Sci.* 41: 415-423.
- Johnen, T.; U. Böttcher; E. Jörg und H. Kage 2006: Parametrisierung und Evaluierung zweier Phänologiemodelle für Winterweizen anhand umfangreicher, mehrjähriger, mehrortiger Versuchsdaten. *Mitt. Ges. Pfl.bauwiss.* 18: 244-245.
- Vos, J. 1981: Effect of temperature an nitrogen supply on post anthesis growth of wheat: measurements and simulations. *Agric. Res. Rep.*811, Pudoc, Wageningen, 164pp. zitiert nach: Groot, J.J.R. 1987: Simulation of nitrogen balance in a system of winter wheat and soil. *Simulation Report CABO-TT*: 69.

Verbundvorhaben ProLoc Erste Ergebnisse zu Überlebensraten im Anwuchsjahr

Daniel Amthauer Gallardo, Martin Hofmann, Christian Siebert
& Michael Wachendorf*

Einleitung

Aufgrund ihres starken Jugendwachstums sind Pappeln und Weiden besonders interessant für die Produktion von Energiehackschnitzeln in kurzen Umtriebszeiten. Dabei werden bestimmte Arten und Hybridformen über Steckhölzer vermehrt und auf landwirtschaftlichen Standorten in 3- bis 4-jährigen Ernteintervallen bewirtschaftet. Bei sachgerechter Bewirtschaftung garantieren vitale Stockausschläge eine Bewirtschaftungsdauer von zwanzig bis dreißig Jahren (Hofmann 1998). Erste Untersuchungen zum Energieholzanbau nach skandinavischem und kanadischem Vorbild wurden seit Mitte der 1970er Jahre in der Bundesrepublik durchgeführt. Fragestellungen bildeten die Entwicklung neuer Sorten sowie die allgemeine Eignung der einzelnen Klone für den deutschen Raum. Diese Versuche blieben jedoch auf den lokalen Bereich begrenzt. Momentan kann das standortbezogene Ertragspotenzial von Pappeln und Weiden und folglich eine abgesicherte standortabhängige Beurteilung der Wirtschaftlichkeit noch nicht mit hinreichender Genauigkeit abgeschätzt werden. Sowohl in der Frage nach einer standortabgestuften Leistungseinschätzung des Konzeptes Kurzumtrieb mit schnellwachsenden Baumarten als auch bei der Absicherung von Ertragsprognosen für den Einzellandwirt bestehen noch erhebliche Wissenslücken. Diese Lücken sollen mit dem Verbundvorhaben ProLoc geschlossen werden. Es sollen Korrelationen bestimmter Standortvariablen (Klima, Boden) mit dem Massenertrag identifiziert und auf Kausalität geprüft werden. Aus den generierten Daten wird auf statistisch empirischer Basis ein standortbezogenes Ertragsmodell erstellt. Eine visualisierte Ertragssimulation soll als Entscheidungshilfe für den Anwender dienen.

Material und Methoden

Im Rahmen des Verbundvorhabens ProLoc wurden im Frühjahr 2008 deutschlandweit insgesamt 37 Versuchsflächen angelegt (Abb.1). Die Anlage erfolgte nach einheitlichem Muster mit jeweils drei Pappel- und zwei Weidenklonen in vierfacher Wiederholung. Bei der Flächenauswahl ist eine repräsentative Verteilung für die jeweiligen Bundesländer angestrebt worden. Ausgewählte Klone für den Versuch waren wachstumsstarke Pappelhybriden (*P. nigra* x *P. maximowiczii*: Max 1, *P. maximowiczii* x *P. trichocarpa*: Hybride 275, *P. deltoides* x *P. nigra*: AF 2) sowie Weidenhybriden schwedischer Züchtung (*S. triandra* x *S. viminalis*: Inger, (*S. viminalis* x *S. schwerinii*) x *S. viminalis*: Tordis). Zuwachsparemeter, wie der Brusthöhendurchmesser, die Trieblänge und der Biomassezuwachs, werden erhoben. Zusätzlich werden Vitalitätsparameter wie die Überlebensrate, der Rostpilzbefall, Insektenbefall und Wildschäden aufgenommen. Eine umfassende bodenkundliche Charakterisierung erfolgt an allen Standorten durch eine Bodenprobennahme in mehreren Tiefen (0-5, 5-30, 30-60, 60-100 cm). Dabei werden Lagerungsdichte, pH-Wert, Textur, Kohlenstoffgehalt, Stickstoffgehalt,

Bodentyp und nutzbare Feldkapazität bestimmt sowie eine Reichsbodenschätzung durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Im vorliegenden Poster werden die im Sommer bis Herbst 2008 erfassten Überlebensraten der einzelnen Klone dargestellt und diskutiert.

Über alle Standorten hindurch zeigten die Pappelsorten mit 72 % im Mittel eine um 10 % geringere Anwuchsleistung als die Weiden. Die Überlebensraten betragen im Einzelnen geordnet von hoch zu niedrig: Inger - 85 % > Max 1 - 82 % > Tordis - 80 % > AF 2 - 77 % > Hybride 275 - 58 %. Die Anwuchsleistung fiel somit, abgesehen von der Hybride 275, insgesamt hoch aus. Der Fehler dieser Werte betrug jedoch zwischen 23 und 32 %, wobei Minima Größen bis zu 10 % erreichten.

Der Einfluss unterschiedlicher Standorteigenschaften auf die Überlebensrate wurde mittels Regressionsanalyse überprüft. Die Bodenart, die Ackerzahl und die nFK wurden als unabhängige Variable untersucht. Dabei war festzustellen, dass die Überlebensrate der einzelnen Klone nicht mit den Parametern Ackerzahl, nFK oder Bodenart korreliert ($R^2 < 0,02$) ist. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Anwuchsleistung nicht aus den oben genannten Parametern vorhergesagt werden kann. Vermutlich spielen die Bodenfeuchte im Pflanzzeitpunkt als Ergebnis der Wetterverhältnisse, das Vorkommen an Begleitvegetation und die Flächenvorbehandlung eine wichtigere Rolle. Auf allen analysierten Standorten fiel die Niederschlagsmenge zwischen Mai und Juli erheblich geringer aus als im langjährigen Mittel. Zusätzlich waren die Temperaturen im Mittel 1°C höher als das langjährige Mittel während der Vegetationsperiode. Diese Situation trug zu einem deutlichen Wassermangel am Anfang der Vegetationszeit bei. Die vorgestellten Ergebnisse verdeutlichen den Einfluss der Witterung auf die Jugendentwicklung von Pappeln und Weiden und die Notwendigkeit einer ausreichenden Wasserversorgung in der Etablierungsphase. Standorteigenschaften wie Ackerzahl und Bodenart, wirken sich in dieser Phase in geringerem Maße aus. Es ist davon auszugehen, dass bereits bei Folgeaufnahmen Standortunterschiede stärker zum Ausdruck kommen.

Literatur

Hofmann, M. 1998: Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb. Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten. Hann. Münden, Merkblatt 11, 22 pp.

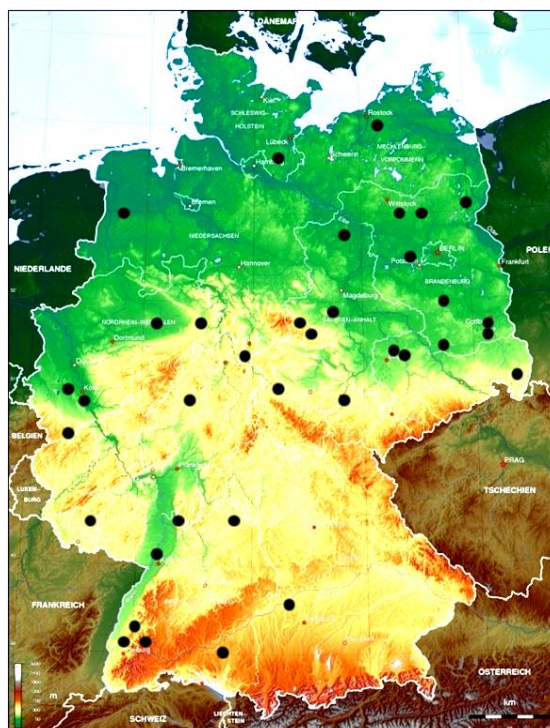


Abb.1: Lage der Versuchsflächen

How to deal with flexibility and modularity in crop modelling?

Myriam Adam & Frank Ewert*

Introduction

Increasingly, cropping system models are applied in different locations with typical weather and soil conditions and for various management types (e.g. intensive vs. extensive agriculture with nitrogen limited situation vs. unlimited nitrogen supply). Therefore, such models have to be flexible and modular to facilitate the change of model structure depending on the objective of the simulation, the production levels (different environments and management practices) and the data availability. In response to such requirement, the Agricultural Production and Externalities Simulator (APES) implements new software engineering techniques (plug and play architecture) creating flexibility and modularity leading to generic crop and cropping system models.

Material and methods

To include modularity and flexibility into crop modelling, we need:

- (1) to define the system according to basic crop growth and development processes (components),
- (2) to provide different modelling approaches for each process (modules),
- (3) to express expert knowledge to ensure consistency in the selection of modelling approaches for a specific application, and
- (4) to use object-oriented design to provide flexibility to the framework.

The Agricultural Production and Externalities Simulator (APES) APES is a framework that applied such principles, using components that offer simulation options for different processes of relevance to agricultural production systems.

Results and discussion

In APES, the modularity is illustrated by the possibility to include different components and modules representing crop growth and development processes and soil water and nitrogen dynamics. A component is a discrete software units used for composition, while a module is a conceptualization of a process implemented within a component (e.g. radiation use efficiency or photosynthesis for biomass production). Moreover, APES has been designed to allow further extension of the current list of components and modules within the component if required (Donatelli et al., in press). Examples of the basic crop processes (or components) and their associated underlying concepts (modules) at crop level is given in Table 1 (Adam et al. 2007). Flexibility is given through the ability to create different Modelling Solutions (MS). An MS is a combination of different modules depending on the objective of the simulation (e.g. crop yield in a specific type of land use, specific management practices) and the data availability (quantity and quality). The selection of the appropriate MS for a specific objective follows a procedure that includes expert knowledge to guide the choice of the existing model algorithms. An example of such selection can be carried out via scenario analysis representative of different

Plant Production Systems Group (PPS), Wageningen University, P.O. Box 430, 6700 AK
Wageningen - The Netherlands

* Crop Science Group, Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), University of
Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn, Germany

production situations (van Ittersum et al. 1997), i.e. potential, water- and nitrogen-limited crop growth to evaluate the MS by steps (Belhouchette et al, 2009).

Plant growth and development processes or components	Modelling Approaches or modules
Light interception: leaf area expansion, leaf canopy development	<ul style="list-style-type: none"> • Development stage dependent • Biomass accumulation dependent
Dry matter production	<ul style="list-style-type: none"> • Water use efficiency • Radiation use efficiency • Farquhar approach: Photosynthesis, Assimilation, Respiration
Phenology: vegetative and reproductive development	<ul style="list-style-type: none"> • Thermal time • Leaf appearance rate • Non-linear temperature response
Partitioning/allocation: development of sink and assimilates partitioning	<ul style="list-style-type: none"> • Predetermined allocation • Source/ sink
Production level: e.g. Water stress	<ul style="list-style-type: none"> • Stomatal conductance • Transpiration, water uptake • Nitrogen uptake

Table 1: Proposed crop growth and development processes with the corresponding crop modelling approaches.

Finally, one of the main issue for creating flexibility and modularity in crop modelling is to be able to conciliate agronomic knowledge with software engineering techniques. Therefore, we are developing a framework where the main concepts exposed in this presentation will have a clear correspondence from one discipline to the other. This will lead to an integrated approach from conceptual modelling to crop growth simulation (Wery et al., 2009).

References

- Adam, M.; P.A. Leffelaar; F. Ewert; B. Rapidel; M. Corbeels; J. Wery and H. van Keulen 2007: Developing a generic crop modelling framework: how to use expert knowledge to define crop models? In: Farming systems design; an integrated symposium on methodologies for integrated analysis of farm production systems. Catania, Italy, pp. 241-242.
- Belhouchette, H.; M. Adam; E. Casellas; F. Celette; W. Corbeels and J. Wery 2009: Performances of two crop models in various conditions: The importance of underlying assumptions. In: van Ittersum, M.K.; J. Wolf and H.H. van Laar (eds.): AgSAP conference 2009. Egmond aan Zee, The Netherlands, pp. 196-197.
- Donatelli, M.; G. Russell; A.E. Rizzoli et al.: A component-based framework for simulating agricultural production and externalities, In: F. Brouwer and M.K. van Ittersum (eds.): Environmental and agricultural modelling: integrated approaches for policy impact assessment. Springer, Dordrecht. In Press.
- van Ittersum, M.K. and R. Rabbinge 1997: Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Research* 52: 197-208.
- Wery J.; N. Lamanda N; S. Delmotte; A. Merot; A. Metay; M. Adam; M.A. Ngo Bieng; B. Rapidel; D. Nicolas and O. Deheuvels 2009: Conceptual modelling of a cultivated field : a generic methodology and its use in agronomy. Farming systems design conference; August 23-26 2009 - Monterey, CA.

Technologische Aspekte der mobilen Spektroskopie

Elke Rosenauer & Steffen Piecha

Einleitung

Die Aufnahme spektraler Daten von Pflanzen und Böden hat im Bereich der Pflanzenwissenschaften mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. Diese Daten liefern wichtige Anhaltspunkte über Stickstoffbedarf, Reifegrad, Feuchtigkeit und andere wichtige Parameter.

In diesem Zusammenhang haben In-situ-Messungen viele Vorteile gegenüber konventionellen Labormethoden. Ein Eingreifen in die meist hochempfindlichen Ökosysteme ist nicht notwendig, da die Messungen zerstörungsfrei und berührungslos durchgeführt werden. Auch eine spezielle Probenvorbereitung ist im Gegensatz zu den meisten Labormessungen nicht nötig.

Zum Erreichen stabiler und korrekter Messergebnisse spielen technologische Aspekte der Feldspektrometer eine wichtige Rolle, wie zum Beispiel die Robustheit des Messgerätes und der Sensoren, die Messgeschwindigkeit und das generelle Systemkonzept. Den Schwerpunkt dieses Beitrags soll die Methode der kontinuierlichen Referenzierung des Umgebungslichtes darstellen. Dadurch werden Freilandmessungen sowohl von atmosphärischen Einflüssen als auch von einer Veränderung des Sonnenstandes unabhängig. Dies trägt generell zu einer höheren Genauigkeit der Messergebnisse bei und ermöglicht zudem auch Messungen bei wechselhafter Bewölkungssituation.

Material und Methoden

Um die Effekte atmosphärischer Einflüsse auf Freiland-Spektrometernmessungen zu untersuchen, wurde das tec5 HandySpec Field^{VIS} verwendet. Es deckt einen Wellenlängenbereich von 400-1.100nm ab und basiert auf den hochwertigen Spektrometermodulen von Carl Zeiss. Diese zeichnen sich durch ein hohes Signal-/Rauschverhältnis, eine hervorragende Wellenlängengenauigkeit und extreme Langzeit-Stabilität aus. Das Messsystem besteht aus einem Systemgehäuse und dem eigentlichen Messkopf, welche flexibel über Lichtwellenleiter miteinander verbunden sind. Im Systemgehäuse sind im Wesentlichen die Spektrometer, die Betriebselektronik sowie ein aufladbarer Akkupack untergebracht. Die Messsonde mit Empfangsoptiken und ggf. integrierter Shuttereinheit ist so aufgebaut, dass der Referenzkanal zur simultanen Erfassung der Einstrahlung (im vorliegenden Anwendungsfall das Sonnenlicht) mit einem Standard Cosinus-Empfänger senkrecht nach oben angeordnet ist. Senkrecht nach unten, zur gleichzeitigen Erfassung der vom Messobjekt reflektierten Strahlung, zeigt ein LWL-Empfänger. Der Akzeptanzwinkel des Lichtleiter-Empfängers beträgt 25°.

Für die Messungen wurde die spektrale Reflexion eines ca. 0,5m² großen Rasenstücks über mehrere Stunden automatisch aufgenommen. Die Messungen wurden zunächst an einem sonnigen, wolkenfreien Tag durchgeführt und später bei wechselnder Bewölkung wiederholt. Für die Auswertung wurden Messungen mit und ohne kontinuierliche Referenzierung des Umgebungslichts miteinander verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Spektren in Abbildung 1 zeigen die Reflexionsspektren einer Rasenfläche (gleicher Messausschnitt, gleiche Messzeit) bei wechselhafter Bewölkungssituation.

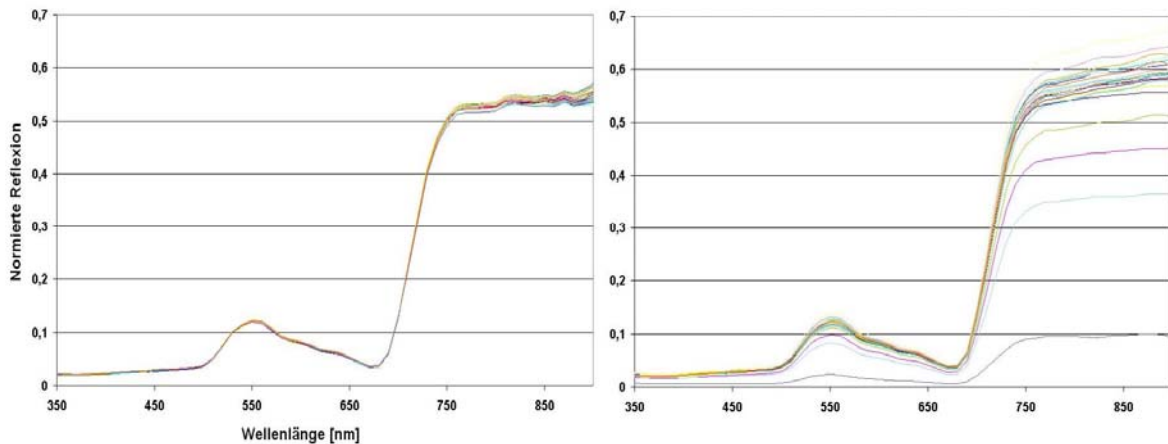


Abb. 1: Reflexionsspektren einer Rasenfläche mit (links) und ohne kontinuierliche Referenzierung (rechts) des Umgebungslichts

Links im Bild ist klar zu erkennen, dass durch die kontinuierliche Referenzierung des Umgebungslichts nur minimale Variationen der Reflexionsspektren auftreten. Ohne diese Referenzierung dagegen schwanken die gemessenen Reflexionen zwischen 10 und 60 % im NIR-Bereich oberhalb des Red-Edge.

Bei Betrachtung der relativen Sonnenintensität zu Beginn und zum Ende der Messungen wird deutlich, woher diese Schwankungen kommen (Abbildung 2).

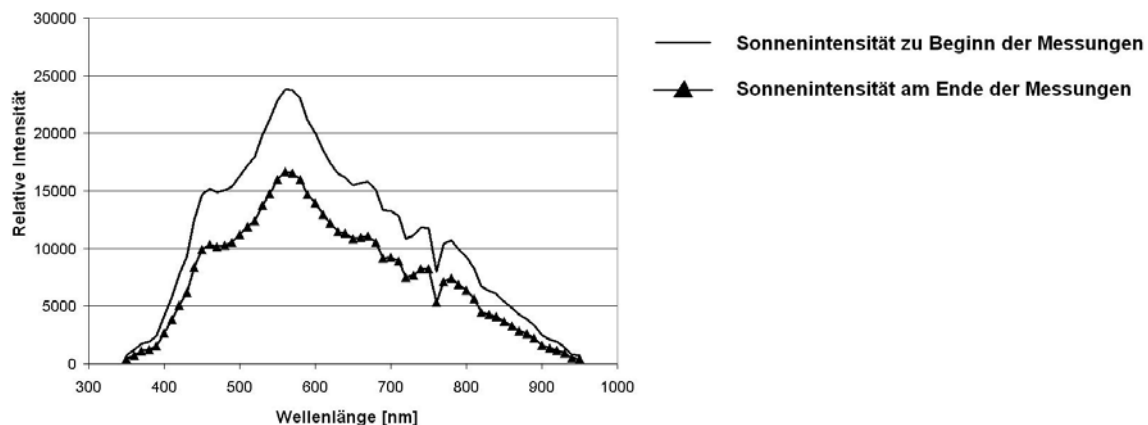


Abb. 2: Rel. Intensität des Sonnenlichts zu Beginn und zum Ende der Messungen

Aus diesen Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass eine kontinuierliche Referenzierung des Sonnenlichts unumgänglich ist. Dies gilt vor allem, wenn eine Weiß-Referenzierung, zum Beispiel aus Zeitgründen, nicht vor jeder Sample-Messung durchgeführt werden kann oder bei wechselhaftem Wetter gemessen werden muss.

Literatur

PI HandySpec Field_d_V2, tec5 AG.

Rosenauer, E. und S. Piecha 2007: The Influence of Sunlight Variations on Field Spectrometry and Compensation Strategies.

Zusammenhänge zwischen C- und N-Gehalten im Oberboden und der Ertragsbildung bei ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung in Dauerfeldversuchen

Christopher Brock & Günter Leithold

Einleitung

Wiederholt wurde angeführt, dass unter Bedingungen des ökologischen Landbaus eine größere Abhängigkeit der Ertragsbildung von der Humusversorgung der Böden besteht als bei konventioneller Bewirtschaftung (vgl. Diskussion in Brock 2009). Vor diesem Hintergrund diskutiert der vorliegende Beitrag die Ergebnisse der Auswertung ausgewählter Varianten von Dauerfeldversuchen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist dabei auch die Frage zu berücksichtigen, ob und unter welchen Umständen höhere Humusgehalte als Ursache oder Folge höherer Erträge betrachtet werden müssen bzw. welche Wechselwirkungen hier bestehen und wie diese einzuschätzen sind. Diese Frage ist z. B. im Zusammenhang mit der Humusbilanzierung von grundlegender Bedeutung.

Material und Methoden

Es wurden ausgewählte Varianten von sieben Dauerfeldversuchen in Deutschland und Nachbarländern in die Untersuchungen einbezogen (vgl. Brock 2009). Für die vorliegenden Auswertungen wurden die durchschnittlichen jährlichen Nicht-Leguminosen-Erträge ($dt\ TS\ ha^{-1}\ a^{-1}$) auf Grundlage der jeweiligen Rotationsertragsdaten parzellenweise ermittelt. Als Indikatoren der Humusgehalte wurden parzellenweise C_{org} und N_t im Oberboden (Ap-Horizont) bestimmt, ebenso die Gehalte an heißwasserlöslichem (C_{hwl}) Kohlenstoff und Stickstoff (N_{hwl}) als Indikatoren der schnell umsetzbaren Humusanteile und die mikrobielle Biomasse (C_{mik} , SIR-Methode) als Indikator der biologischen Aktivität und des Umsatzes der organischen Bodensubstanz.

Ergebnisse und Diskussion

In den einbezogenen Parzellen der Dauerfeldversuche bestätigte sich die eingangs dargestellte Hypothese. In Versuchsvarianten mit ökologischer Bewirtschaftung war ein deutlich engerer Zusammenhang zwischen den Humusgehalten und den durchschnittlichen Nicht-Leguminosen-Erträgen zu erkennen ($r^2=0,35$) als in den konventionellen Versuchssystemen ($r^2=0,13$) (Abb. 1). In Nulldüngungsvarianten (NIL) war dieser Zusammenhang erwartungsgemäß noch einmal stärker ausgeprägt ($r^2=0,70$).

Der Sachverhalt bestätigte sich bei der Betrachtung weiterer Indikatoren von Humusgehalten und Humusdynamik (Tab. 1). Allerdings fällt auf, dass die Korrelationen zwischen den Indikatoren der umsetzbaren organischen Bodensubstanz (C_{hwl} , N_{hwl}) sowie der mikrobiellen Biomasse (C_{mik}) und der Höhe der Nicht-Leguminosen-Erträge bei ÖKO wesentlich stärker waren als bei NIL. Möglicherweise konnte die Variation der Umsatzkenngrößen bei dem insgesamt höheren Niveau in ÖKO (ohne Abb.) besser in Ertrag umgesetzt werden.

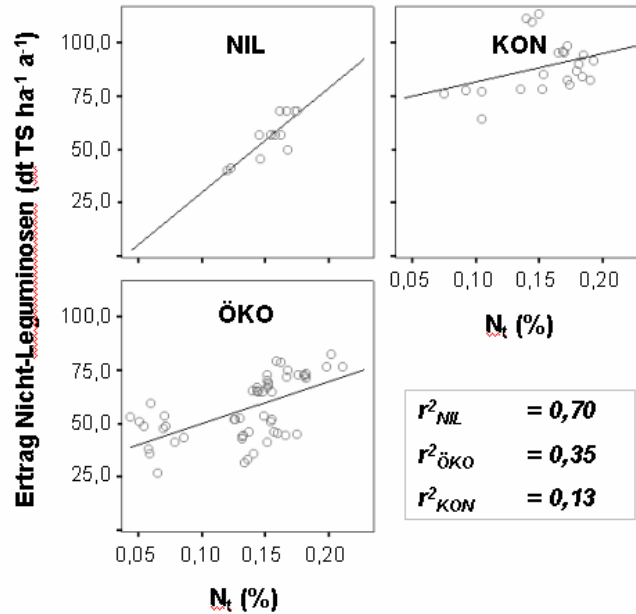


Abb. 1: Zusammenhang zwischen N_t-Gehalten im Oberboden und der Höhe der Nicht-Leguminosen-Erträge in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungssystem

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass höhere Humusgehalte sowohl Ursache wie auch Folge höherer Erträge sein können (vgl. Brock 2009). Bei Systemen mit optimaler organisch-mineralischer Düngung wurde mitunter von einer höheren Humusersatzleistung durch größere Mengen an Ernte- und Wurzelrückständen bei höheren Erträgen ausgegangen (u. a. Körschens und Müller 1994). Demgegenüber ist anzunehmen, dass in Bewirtschaftungssystemen ohne oder mit stark eingeschränkter Verfügbarkeit von mineralischem N aus Düngern wesentlich höhere Anforderungen an die Bereitstellung von N aus der Mineralisierung der organischen Bodensubstanz für die Ertragsbildung bestehen. Diese Annahme wird durch die vorliegenden Ergebnisse unterstützt. Unter Bedingungen des ökologischen Landbaus muss daher die Nährstoffversorgungsfunktion des Humus bei der Humusbilanzierung in besonderem Maße berücksichtigt werden. Ansonsten besteht die Gefahr einer unzureichenden Humusreproduktion bzw. Potentiale zur Ertragssteigerung bleiben ungenutzt.

Tab. 1: Korrelationen zwischen Indikatoren von Humusgehalten / Humusdynamik und Nicht-Leguminosen-Erträgen in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungssystem

	System								
	KON			ÖKO			NIL		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>α</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>α</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>α</i>
<i>C_{org}</i>	22	0,22	0,32	53	0,55	<0,01	12	0,80	<0,01
<i>N_t</i>	22	0,36	0,10	53	0,59	<0,01	12	0,83	<0,01
<i>C_{hwl}</i>	23	-0,12	0,58	55	0,64	<0,01	10	-0,16	0,96
<i>N_{hwl}</i>	23	0,14	0,51	55	0,72	<0,01	10	0,70	0,02
<i>C_{mik}</i>	22	0,17	0,45	35	0,74	<0,01	9	0,31	0,42

Literatur

- Brock, C. 2009: Humusdynamik und Humusreproduktion in Ackerbausystemen und deren Bewertung mit Hilfe von Humusindikatoren und Humusbilanzmethoden. Diss. Univ. Giessen (eingereicht).
- Körschens, M. und A. Müller 1994: Nachhaltige Bodennutzung, gemessen am Ertrag sowie an C- und N-Bilanzen. Archiv f. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenkunde 38: 371-383.

Untersuchung der Energieeffizienz und der Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme im Bayerischen Tertiärhügelland

Karsten Engelmann & Kurt-Jürgen Hülsbergen

Einleitung

Die Pflanzenproduktion trägt durch den Einsatz fossiler Energie sowie durch die Beeinflussung des Stickstoff- und Kohlenstoffumsatzes von Böden zur Freisetzung oder Rückbindung von Treibhausgasen (THG) bei. Um betriebliche Optimierungsstrategien ableiten zu können, werden folgende Fragen untersucht: Welche Einflussfaktoren bestimmen die Höhe der Emissionen? Wie hoch sind flächen- und produktbezogene Treibhausgasemissionen verschiedener Anbausysteme? Gibt es systembedingte Unterschiede zwischen ökologischem und konventionellem Landbau?

Material und Methoden

Zur Bestimmung der Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau wurden Energie-, Stickstoff- und Kohlenstoffbilanzen von 20 ökologischen und 10 konventionellen Betrieben des bayerischen Tertiärhügellandes nach dem methodischen Ansatz von Küstermann et al. (2008) berechnet. Um die Emissionen zusammenfassend bewerten zu können, werden sie in CO₂-Äquivalente umgerechnet [CO₂ eq] unter Beachtung ihrer spezifischen Wirksamkeit (CO₂ = 1, CH₄ = 21, N₂O = 296). Die Ergebnisse werden flächenbezogen (kg CO₂ eq ha⁻¹) und produktbezogen (kg CO₂ eq GJ⁻¹) dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Moderne Pflanzenbausysteme sind durch den Einsatz fossiler Energie geprägt, wobei zwischen dem direkten Energieeinsatz (Kraftstoff, Brennstoff, Strom) und dem indirekten Energieeinsatz (Herstellung von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln, Maschinen und Geräte) unterschieden wird (Hülsbergen 2008).

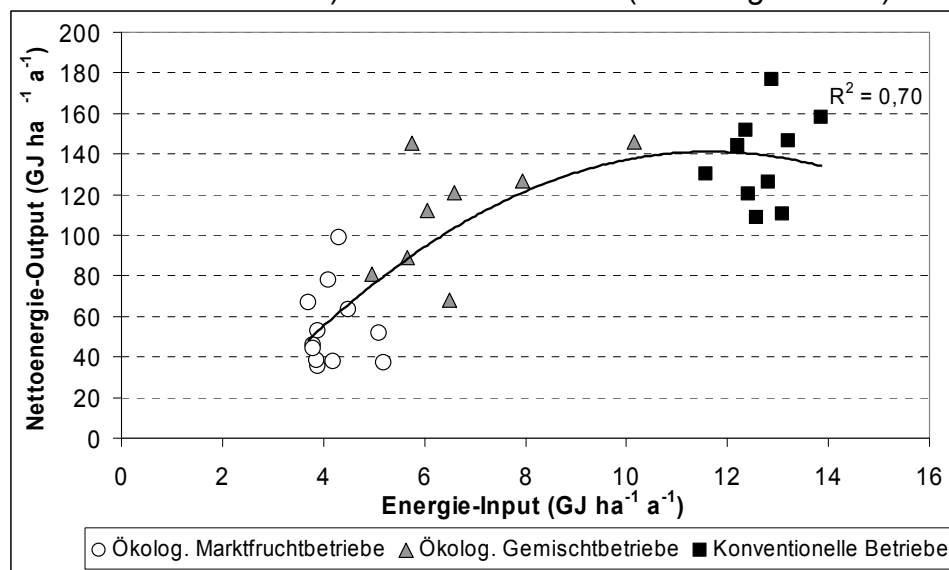


Abb. 1: Nettoenergie-Output (Bruttoenergie in der geernteten Biomasse) in Abhängigkeit vom Energie-Input

Eine effiziente Nutzung endlicher Energieträger ist zur Schonung der weltweiten Vorräte und zur Minderung klimawirksamer Emissionen notwendig. Die Energieeffizienz im Pflanzenbau wird entscheidend von den Ertragsleistungen geprägt. In die Berechnung der Effizienzkennzahlen Netto-Energieoutput, Energieintensität und Output/Input-Verhältnis fließen der Ertrag und die daraus abgeleitete Energiebindung ein.

Die Ergebnisse der flächenbezogenen Energiebilanz der Untersuchungsbetriebe zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen Energieinput und Netto-Energieoutput besteht. Mit steigendem Energieinput steigt der Energieoutput. Bei einem Energieinput von ca. $11 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ stagniert der Energieoutput und die Energieeffizienz sinkt (Abb. 1). Die untersuchten ökologischen Marktfruchtbetriebe weisen mit 3,7 bis $5,2 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ den geringsten Energieinput auf. In ökologischen Gemischtbetrieben nimmt der Energieeinsatz im Pflanzenbau mit steigendem Tierbesatz zu ($5,0$ bis $10,2 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), zudem steigt durch die Beerntung von Klee gras, Zwischenfrüchten und Stroh die Energiebindung im Ernteertrag deutlich. Die konventionellen Betriebe weisen aufgrund des zusätzlichen Einsatzes von Mineraldünger und Pflanzenschutzmitteln den höchsten Energieinput auf ($11,6$ bis $13,9 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), wobei ca. 50 % des Energieinputs auf den Einsatz des Mineraldüngers entfällt.

Zur Bilanzierung der Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau wird neben den direkten CO_2 -Emissionen aus dem Energieeinsatz und den N_2O -Emissionen aus dem N-Input auch die Freisetzung bzw. Rückbindung von Kohlenstoff im Boden (C-Sequestrierung) berücksichtigt. Besonders die ökologischen Gemischtbetriebe besitzen ein großes Potenzial zur CO_2 -Rückbindung im Boden (Tab. 1)

Tab. 1: Flächen- und produktbezogene Treibhausgasemissionen

Kennzahl	Maßeinheit	Betriebssysteme		
		ÖM*	ÖG*	KB*
CO_2 -Emission durch Energieinput	$\text{kg CO}_2 \text{ ha}^{-1}$	294,3	332,2	739,1
N_2O -Emission durch N-Input	$\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$	753,0	974,0	1361,4
C-Sequestrierung (+/-)*	$\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$	-209,3	-659,9	+146,9
Energiebindung im Ertrag	GJ ha^{-1}	60,4	115,7	152,1
THG-Emission, flächenbezogen	$\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$	838,0	646,3	2247,4
THG-Emission, produktbezogen	$\text{kg CO}_2 \text{ eq GJ}$	15,0	6,1	14,6

ÖM = Ökologische Marktfruchtbetriebe, ÖG = Ökologische Gemischtbetriebe, KB = Konventionelle Betriebe, (+) = CO_2 -Freisetzung, (-) = CO_2 -Rückbindung

Der Energieinput und die C-Sequestrierung zeigen als wesentliche Einflussfaktoren eine enge Beziehung zu den Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau.

Literatur

- Hülsbergen, K.-J. 2008: Energieeffizienz ökologischer und integrierter Anbausysteme. In: Energieeffiziente Landwirtschaft. KTBL-Schrift 463, S. 87-99.
- Küstermann, B.; M. Kainz und K.-J. Hülsbergen 2008: Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. Renewable Agriculture and Food Systems 23: 38-52.

Energiebilanz unterschiedlich intensiver Biogassysteme

Susann Helbig & Kurt-Jürgen Hülsbergen

Einleitung

Aufgabe und Ziel von Marktfruchtbetrieben ist eine Umwelt und Ressourcen schonende Produktion hochwertiger Lebensmittel. Dem sind in ökologischen Marktfruchtbetrieben aufgrund fehlender Tierhaltung Grenzen gesetzt, die durch die Einbindung einer Biogasanlage (BGA) in das Betriebssystem überwunden werden können. Zusätzlich motiviert in Deutschland die Förderung durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) eine Intensivierung des Energiepflanzenanbaus. Die ökologischen Folgen der Einbindung einer Biogasanlage in einen Landwirtschaftsbetrieb sind komplex und betriebsindividuell. Es wurde ein Modell zur Energiebilanzierung auf Prozessebene (vom Pflanzenbau bis zur erzeugten Energie) entwickelt, womit nicht nur reale, sondern auch geplante Biogasbetriebssysteme untersucht und Wirkungen bereits im Vorfeld eines Anlagenbaus abgeschätzt werden können. In diesem Beitrag kam das Modell in einem ökologischen Marktfruchtbetrieb zur Anwendung, für den zwei Betriebsszenarien mit unterschiedlich intensivem Biogas-Betriebszweig entwickelt wurden. Der Einsatz fossiler Energieträger wurde dem jeweiligen Output in Form nutzbarer Energie sowie Nahrungsmitteln gegenübergestellt.

Material und Methoden

Der Untersuchungsbetrieb befindet sich ca. 35 km nördlich von München im Tertiärhügelland (480 m üNN, 780 mm, 7,8°C). Für den 80 ha großen Betrieb wurden zwei experimentelle Betriebssysteme (2 x 40 ha) konzipiert, die unterschiedliche Strategien repräsentieren, eine Biogasanlage in ein ökologisches Marktfruchtssystem einzubinden (Tab.1). Die für den Betrieb vorliegenden experimentellen Daten zu Ertragspotentialen von Getreide und Energiepflanzen sowie zur Entwicklung von Klee grasbeständen wurden zur Absicherung der Modellaussagen herangezogen.

Tab. 1: Fruchtfolge, Ertrag und Produktnutzung im realen Betrieb (SZ IST) und in den zwei experimentellen Betriebssystemen (SZ BGe und SZ BGi)

SZ IST			SZ BGe			SZ BGi		
Fruchtfolge	Ertrag HP dt TM ha ⁻¹	Nutzung	Fruchtfolge	Ertrag HP dt TM ha ⁻¹	Nutzung	Fruchtfolge	Ertrag HP dt TM ha ⁻¹	Nutzung
Kleegras 50*	80	Mulch	Kleegras 70*	120	Biogas	Kleegras 70*	120	Biogas
Winterweizen	34	Verkauf	Winterweizen	45	Verkauf	Winterweizen	45	Verkauf
Triticale + WZF	34	Verkauf	Triticale + WZF	45	Verkauf	Silomais	154	Biogas
Erbse + SZF	23	Verkauf	Erbse + SZF	23	Verkauf	+ Grünroggen	27	Biogas
Winterweizen	34	Verkauf	Winterweizen	45	Verkauf	Getreide-GPS	69	Biogas

* Kleeanteil 50 bzw. 70 %; HP - Hauptprodukt; SZF - Sommerzwischenfrucht; WZF - Winterzwischenfrucht; GPS - Ganzpflanzensilage

Die Energiebilanzierung berücksichtigt direkten und indirekten Energieeinsatz und erfolgt auf Feldebene nach Hülsbergen et al. (2001); Ernte- und Konservierungsverluste werden berücksichtigt. Das Gasbildungspotential wurde nach Keymer (2007) ermittelt; es wird ein Wirkungsgrad von 40 % elektrisch und 53 % thermisch (FNR 2005) angenommen. Zur Bewertung der Ressourceneffizienz wird das Output/Input-Verhältnis ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

In den Biogasszenarien steigt der Energieinput im Marktfruchtanbau im Vergleich zum SZ IST (Sc REAL) aufgrund der Gärrestausrückführung an (Tab. 2). Obwohl der flächenbezogene Energieoutput der Marktproduktion in beiden Biogasszenarien steigt, sinkt die Nahrungsmittelproduktion im SZ BGi (20 GJ ha⁻¹) aufgrund der stark reduzierten Anbaufläche. Die zusätzliche Energieerzeugung führt in beiden Biogasszenarien zu einem erhöhten betrieblichen Gesamtenergieoutput (75 und 97 GJ ha⁻¹ in BGe und BGi; 46 GJ ha⁻¹ in IST). Im Sz BGi verschlechtert sich das Output/Input-Verhältnis deutlich: Es werden mehr fossile Energieträger eingesetzt (12 GJ ha⁻¹; 4 und 7 GJ ha⁻¹ in Sz IST und Sz BGe), diese jedoch ineffizienter genutzt.

Tab. 2: Energiekennzahlen (GJ ha⁻¹) des realen (Sc REAL) sowie des extensiven (Sc BGe) und intensiven Szenariobetriebes (Sc BGi); Bezugsebenen sind jeweils der Gesamtbetrieb (farm), die Produktionslinien innerhalb des Betriebes (food/energy) sowie die Etappen entlang der Produktionskette (field-store-BGP-CHPP)

		Sc REAL		Sc BGe			Sc BGi			
		farm	food	farm	food	energy	farm	food	energy	
		ha	80	64	40	32	8	40	10	30
field	direct		2,5	2,2	3,7	2,8	6,5	5,3	3,0	6,1
	indirect		1,7	1,8	2,3	1,9	3,5	3,4	2,2	3,7
	Input fossil energy		4,2	4,0	5,9	4,7	10,0	8,7	5,3	9,8
	Output energy crops		-	-	43,8	-	219,1	169,7	-	226,3
	Output food		46,4	58,0	58,0	72,5	-	20,1	80,4	-
Output/Input-relation food production			-	14,6	-	15,5	-	-	15,3	-
store	Output preserved energy crops		-	-	36,8	-	184,2	141,0	-	188,0
BGP*	Input fossil energy				0,7		3,7	3,3		4,4
	Output biogas				18,5		92,7	82,3		109,7
CHPP*	Output									
	electricity				7,4		37,1	32,9		43,9
	heat				9,8		49,1	43,6		58,1
	electricity + heat				17,2		86,2	76,5		102,0
	Output/Input-relation energy production				-		6,3	-		7,2
	heat						3,6			4,1
	electricity						2,7			3,1
summary farm	Input		4,2		6,7			12,0		
	Output farm		46,4		75,2			96,6		
	food		46,4		58,0			20,1		
	energy		-		17,2			76,5		
Output/Input-relation farm production			11,0		11,2			8,1		

*BGP - biogas plant; CHPP - combined heat and power plant

Bioenergieerzeugung kann bei sinnvoller Integration den Energieoutput des Betriebes erhöhen und zusätzlich die Nahrungsmittelproduktion fördern. Im Sinne des Nachhaltigkeitsgedankens ist jedoch nicht nur maximaler Output, sondern insbesondere verbesserte Ressourceneffizienz anzustreben. Das genutzte Modell unterstützt die Entwicklung und Prüfung ökologisch tragfähiger Biogasbetriebssysteme.

Literatur

Hülsbergen, K.J.; B. Feil; S. Biermann; G.-W. Rathke; W.-D. Kalk und W. Diepenbrock 2001: A method of energy balancing in crop production and its field application in a long-term fertilizer trial. Agriculture, Ecosystems and Environment 80: 303-321.

Analyse natürlicher Regelprozesse im Vergleich ökologischer und integrierter Betriebssysteme – Ergebnisse aus dem Systemversuch Bad Lauchstädt

Wolfgang Heyer, Frank Reinicke & Olaf Christen

Einleitung

Kenntnisse über funktionale Zusammenhänge natürlicher Kreislaufprozesse sind für die Beurteilung des Zustandes von (Agrar-) Ökosystemen wichtig. Sie sind allgemein Hintergrund methodischer Ansätze von Verfahren der Stoff- und Energiebilanzierung. Diese sind für die abiotische Umwelt weit entwickelt, blieben in der Beurteilung des Zustandes der belebten Umwelt bisher weitgehend unberücksichtigt. Da Ökosystemprozesse von der Aktivität bzw. Leistung der Pflanzen und Tierarten getragen werden, sind funktionale Interaktionen zwischen der unbelebten und belebten Umwelt für den Ökosystemerhalt unerlässlich. Ein besseres Verständnis dieser Zusammenhänge würde es erlauben, Wirkungen unterschiedlicher Betriebs- und Anbausysteme auf „Biodiversität“ indirekt abzuschätzen. Methodische Ansätze finden sich bei Heyer u. Christen 2007 sowie Siebrecht u. Hülshagen 2009.

Material und Methoden

Die Untersuchungen waren begleitende Fragestellung im Dauerversuch „Systemvergleich ökologische-integrierte Betriebssysteme“ in Bad Lauchstädt. Der Versuch bildet verschiedene Anbausysteme mit Tierhaltung bzw. Marktfruchtbau und differenzierter Bodenbearbeitung ab. In den Versuch wurden Bodenfallen in Wintergerste über die gesamte Vegetationszeit jeweils 7 Tage/Monat eingestellt. Alle gefangenen Individuen wurden in der Auswertung erfasst. Artbestimmungen erfolgten für die Laufkäfer und Spinnen. Weitere Arten wurden als Gattung oder Familie bestimmt. Danach erfolgte eine Zuordnung funktionaler Leistungen, d. h. Phytophage (Pflanzenschädlinge), Entomophage und Parasitoide (Nützlinge), Destruenten (Abbau organischer Materials), Symbionten (Förderer von Schädlingen) und indifferenter Arten (Ökosystemfunktion unzulänglich bekannt). Das Auftreten von Arten bzw. funktionaler Artengruppen (Gilden) wurde in Relation zu weiteren Parametern der Stoffkreisläufe der Anbausysteme beurteilt.

Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend sind nur Ausschnitte erlangter Befunde dargestellt, welche Interaktionen der Betriebssysteme mit dem Artenbestand veranschaulichen. In Abb. 1 handelt es sich um die Darstellung der Rückkopplung des Systems auf die betrachteten funktionalen Gruppen. Ein erheblicher Unterschied (Differenz von 434 Individuen) bestand im Auftreten von Destruenten. Hierbei handelt es sich um eine deutliche Anpassung funktionaler Leistungen des Ökosystems an die Erfordernisse der Umsetzung organischer Substanz. Dieser Sachzusammenhang wird in Bezug zum Strohaufkommens deutlich. Es betrug im ökologischen System ca. 38 dt/ha, im integriert geführten Versuchsteil jedoch ca. 64 dt/ha. Dieses Material muss verarbeitet werden, was sich in Konsequenz auf die Artenzusammensetzung der Lebensgemeinschaften auswirkt. Die Gilde der Destruenten wird bei integriertem Anbau gestärkt. Erhebliche Unterschiede zeigen sich in Abb. 1 auch im Auftreten der

„schädlichen“ und „nützlichen“ Arthropodenarten. Beide hatten im ökologisch geführten System die Oberhand und es traten ca. 600 nützliche Individuen mehr auf. Die Interaktion zwischen beiden funktionalen Gilden ist in der Abb. 2 vertieft dargestellt und verdeutlicht die Leistungen der (Agrar-) Ökosysteme zur Selbstregulation.

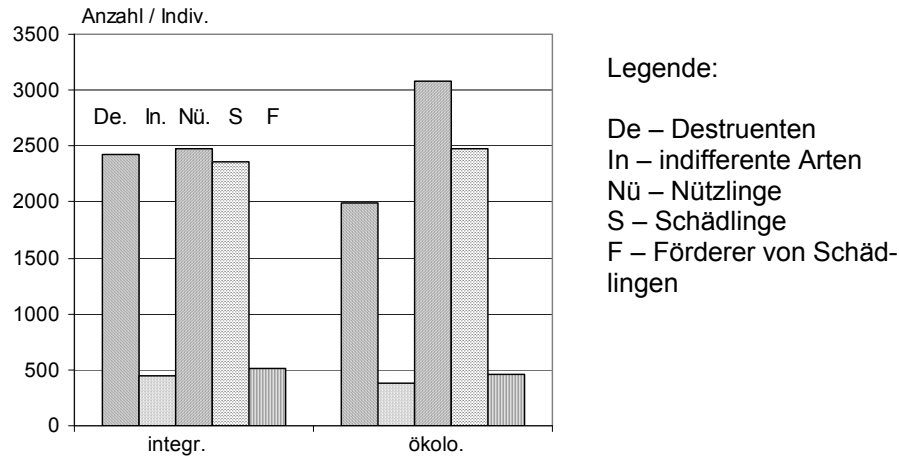


Abb. 1: Individuenzahlen ausgewählter funktionaler Arthropodengruppen im Vergleich eines integrierten und ökologischen Anbausystems

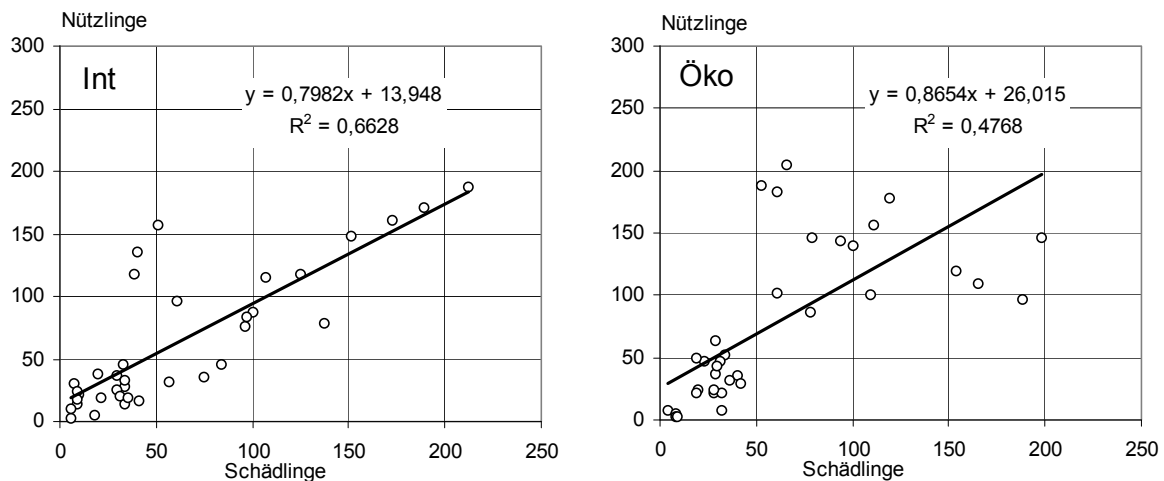


Abb. 2: Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Pflanzenschädlingen und Nützlingen im Vergleich eines integrierten und ökologischen Anbausystems

Im integrierten System fanden sich zwar weniger Nützlinge, der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Schädlingen und Nützlingen war jedoch statistisch enger, d. h. die aktuelle Regelleistung war stärker als im Referenzsystem. Das zeigte sich auch in der Zusammensetzung der Nützlingsgilden in höheren Anteilen aphidophager Räuber (Marienkäfer, Florfliegen). Im ökologischen System fanden sich mehr Arten mit unspezifischem Beutespektrum, d. h. das System ist eher auf langfristige Regelleistungen ausgelegt.

Literatur

- Heyer, W. und O. Christen 2007: Analyse- und Bewertungsansatz für die biologische Vielfalt auf der Ebene des Landwirtschaftsbetriebes. KTBL Schrift 458: 109-138.
- Siebrecht, N. und K.-J. Hülsbergen 2009: Das Biodiversitätspotential – ein Ansatz zur Analyse potenzieller biotischer Effekte Landwirtschaftlicher Betriebe. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Zürich, 11. - 13. Februar 2009. Berlin: Köster.

Energetische Analyse ökologischer Anbausysteme auf sandigen Ackerbaustandorten – Der Fruchtfolgeversuch am Standort Gülzow

Wolfgang Heyer, Harriet Gruber* & Olaf Christen

Einleitung

Förderprogramme der Europäischen Union zur Entwicklung ländlicher Räume beinhalten seit Jahren schwerpunktmäßig Zielsetzungen im Bereich der Agrar-Umwelt. In Mecklenburg-Vorpommern wurde auf Grundlage dieser Programme der Umfang der ökologischen Bewirtschaftung schrittweise ausgedehnt. Er erreichte im Jahr 2008 119.341 ha, d. h. 8,8 % der LF des Landes. Es bestand Interesse, diese Wirtschaftsform in ihrer Auswirkung auf Ernteerträge und Bodenparameter näher zu untersuchen, weshalb ab 1992 an der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei innerhalb einer Fruchtfolge Langzeituntersuchungen vorgenommen wurden. Inzwischen erweiterten sich die Fragestellungen auch aus der Pflicht zur Begleitung und Bewertung EU geförderter Umweltprogramme. Dabei stehen potenzielle Beiträge der Fördermaßnahmen zur Abschwächung des Klimawandels im Fokus, was nachfolgend herausgehoben betrachtet wird.

Material und Methoden

Der Standort Gülzow ist charakterisiert durch die Bodenart S und IS mit Ackerzahlen von 25 bis 45 und einer langjährigen Niederschlagsmenge von durchschnittlich 552 mm. Gegenstand der hier vorgestellten Bilanzierung ist eine 6-feldrige Fruchtfolge (1 ha Feldgröße) mit Klee gras, Wintergetreide/Zwischenfrucht, Kartoffeln, Körnerleguminosen, Wintergetreide und Hafer/Untersaat. Stalldung wurde jährlich zugeführt (ca. 0,8 GV/ha) und Futter und Stroh abgefahren. Die Ertragsfeststellung erfolgte durch Kernbeerntung der jeweiligen Haupt- (HP) und abgefahrenen Nebenprodukte in 4- bzw. 6-facher Wiederholung. Eine genaue Beschreibung der Versuchsanlage und des -ablaufes findet sich bei Gruber und Thamm (2004). Die Fruchtfolge wurde für die Jahre 1999 bis 2006 unter Berücksichtigung der erfassten Erträge und des Energieeinsatzes mit Hilfe des REPRO-Systems auf Basis von KTBL-Standardwerten bilanziert.

Ergebnisse und Diskussion

Eine zusammengefasste Übersicht der Bilanzierungsergebnisse für die Fruchtfolge findet sich in der Tab. 1. Dargestellt sind die Mittelwerte über alle Fruchtarten für die acht Versuchsjahre und die im Betrachtungszeitraum registrierten Minimal- bzw. Maximalwerte der ausgewählten Indikatoren. Das Indikatorenset gibt Auskunft über den Energieeinsatz, die Energiebindung in den Haupt- und Nebenprodukten und den Nährstoffstatus für Kohlenstoff und Stickstoff. Auf der Grundlage dieser Daten wurden Emissionen klimarelevanter Gase für den Pflanzenbau und das Treibhauspotenzial des Versuches abgeschätzt. Aus der Datenübersicht ist zunächst zu entnehmen, dass die Stoffkreisläufe in der Betrachtung aller Fruchtfolgefelder ausgewogen waren. Der Humusersatz und die daran gekoppelte C-Zufuhr in das Anbausystem waren gewährleistet. Die N-Zufuhr betrug im Durchschnitt des

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle / Saale, wolfgang.heyer@landw.uni-halle.de

*Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Dorfplatz 1, 18276 Gülzow

Betrachtungszeitraumes 129,6 kg je ha bei einem N-Saldo von 41,1 kg ha⁻¹. Eine energetische Wertung der Befunde und Einschätzung der Klimarelevanz ökologischer Anbauverfahren auf leichteren Standorten lässt sich am besten im Vergleich zu weiteren Betriebssystemen realisieren. Ergebnisse von Küstermann et al. (2008) wurden auf gleicher methodischer Basis gewonnen und sind als Referenz, getrennt nach ökologischem bzw. konventionellem Anbausystem, in der Tab.1 mit aufgeführt. Danach bewegen sich die Ergebnisse aus dem Versuch innerhalb der für ökologische Anbauverfahren ausgewiesenen Schwankungsbreite, allerdings in deren oberen Bereich. Ursächlich hängt dies mit den erheblichen technischen Aufwendungen für Untersaaten und den Zwischenfruchtanbau zusammen. Inwieweit das für leichtere Standorte zu verallgemeinern wäre, bleibt weiteren Erhebungen vorbehalten. Das flächenbezogene Treibhauspotenzial des Fruchtfolgeversuches stellt sich im Vergleich zu konventionellen Anbausystemen wesentlich günstiger dar.

Tab. 1: Ergebnisse der energetischen Bewertung der Fruchtfolge im Vergleich zu weiteren ökologischen und konventionellen Betriebssystemen

Kennzahlen	ME	Bewirtschaftung					
		Ökologisch ¹		Versuch ²		Konventionell ¹	
		min/max	MW	min/max	MW	min/max	MW
Fossiler Energieeinsatz	GJ ha ⁻¹	3,6/9,9	6,3	5,4/8,2	7,9	10,1/17,8	13,6
Energiebindung HP + NP	GJ ha ⁻¹	28/147	75	47,1/93,2	67,7	86/192	139
Energieintensität	MJ GE ⁻¹	97/431	166	128/492	273,4	112/301	172
Energiegewinn	GJ/ha			35,3/84,3	56,7		
Humusversorgungsgrad	%			84,4/136,9	103,4		
C - Zufuhr gesamt	kg ha ⁻¹			2629,4			
N - Zufuhr gesamt ³	kg ha ⁻¹			/3522,4	3013,1		
C - Emission (Energieeinsatz)	kg ha ⁻¹			99,3/171,3	129,6		
C - Emission (Bodenatmung)	kg ha ⁻¹			125,6/186,1	162,7		
CO ₂ - Emissionen	kg ha ⁻¹	215/634	383	460,9/ 687,5	597,1	503/1023	757
CO ₂ - Emissionen	kg GE ⁻¹	7,2/19,5	10,1	10,3/35,8	19,6	5,3/10,2	9,5
N ₂ O - Emission	kg CO ₂ ha ⁻¹	386/1438	839	576,8/994,8	748,8	1054/1866	1412
Treibhausgaspotenzial flächenbezogen	kg CO ₂ ha ⁻¹	-155/2263	1017	944,5/1691,7	1298,1	61/4110	2273
Treibhausgaspotenzial produktbezogen	kg CO ₂ GE ⁻¹	-3/ 57	27	38,5/48,6	41,7	1/45	29

¹ Werte unterschiedlicher Betriebe und Jahre, ² Werte unterschiedlicher Jahre, ³ einschließlich Immission von 15 kg ha⁻¹

Literatur

- Gruber, H. und U. Thamm 2004: Standortspezifische Auswirkungen einer langjährigen ökologischen Bewirtschaftung auf acker- und pflanzenbauliche sowie umweltrelevante Parameter. Abschlussbericht Fo.-Nr. 22/04.
- Küstermann, B.; H. Schmid; H. Amon und K.-J. Hülsbergen 2008: PC gestützte Analyse der Klimarelevanz landwirtschaftlicher Anbausysteme. Referate der 28. GIL Jahrestagung 10.- 11. März 2008, Kiel. Gesellschaft für Informatik. GI – Edition, Bonn 2008.)

Bewertung von neuen Systemen der Bodenbewirtschaftung in erweiterten Fruchtfolgen

Marco Schneider, Franz-F. Gröblichhoff, Günter Stemann & Norbert Lütke Entrup

Einleitung

Das Denken in Fruchtfolgesystemen war noch vor einigen Jahrzehnten eine ökonomisch motivierte Selbstverständlichkeit. Im Zuge der produktionstechnischen Entwicklungen verblasste der Stellenwert der Fruchtfolge. Diese Spezialisierung auf wenige Kulturen stand auch im Zusammenhang mit staatlichen Preisstützungs- und Interventionsmaßnahmen. Die daraus resultierenden hohen Erzeugerpreise rechtfertigten die hohe Produktionsintensität. Mit der Agrarreform von 1992 erfolgte jedoch bereits die Weichenstellung für die Trennung von Markt- und Einkommenspolitik, die mit den „Luxemburger Beschlüssen“ vom Juni 2003 ihren vorläufigen Schlusspunkt fand. Die Preisbildung für Marktfrüchte wird von nun an durch die Marktmechanismen von Angebot und Nachfrage bestimmt, während zur Einkommenssicherung Direktzahlungen eingeführt wurden (Heißenhuber et al. 2004). Die damit verbundene Synchronisierung mit dem Weltmarktgeschehen führt zu einer Änderung der Preis-Kostenrelationen im Marktfruchtbau und stellt tradierte Bewirtschaftungssysteme in Frage. Im internationalen Vergleich liegen die Stückkosten von Getreide und Raps bei westeuropäischen Betrieben deutlich über dem Durchschnitt der internationalen Konkurrenz. Die in den Produktionsverfahren entstandenen Kosten können in Einzeljahren nicht durch die Markterlöse gedeckt werden. Möglichkeiten zu Kosteneinsparungen im Bereich von Pflanzenschutz, Düngung und der Sortenwahl werden weitgehend genutzt. Vergleichende Vollkostenrechnungen lassen dagegen bei den Kosten der Arbeitserledigung noch Potenziale vermuten (Lütke Entrup et al. 2001). Im durchgeführten Forschungsorhaben sollten anhand einer Vollkostenanalyse pflanzenbauliche Wirkungen einer konventionell bestellten wintergetreidebetonten Fruchtfolge mit um Leguminosen erweiterten pfluglos ausgesäten Bewirtschaftungssystemen ökonomisch exakt und umfassend bewertet werden.

Material und Methoden

Basis dieses Forschungsvorhabens waren Feldversuche an vier verschiedenen Standorten in Deutschland. Das Spektrum der Versuchsstandorte umfasst unterschiedliche Naturräume, um eine möglichst gesicherte Aussage zur Wirkung verschiedener Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgesysteme treffen zu können. Systemanalysen bauen auf Ergebnisse und Erkenntnisse aus Fachdisziplinen wie der Bodenkunde, Pflanzenernährung, Pflanzenzüchtung sowie der Phytomedizin auf, ähnlich wie dies bei klassischen Fruchtfolgeversuchen auch der Fall ist. Den auf dieser Basis entwickelten Bodenbewirtschaftungssystemen kann eine umfassende Betrachtungsweise zugesprochen werden. Alle Einzelmaßnahmen münden in zwei vergleichbaren Größen, nämlich dem monetären Aufwand und dem Ertrag. Der Versuch wurde auf drei Standorten als randomisierte Streifenanlage angelegt. Am vierten Standort wurden die Systeme in einer Split-Plot-Anlage geprüft. Mit dem aus der Vollkostenrechnung abgeleiteten und im Rahmen dieser Arbeit entwickelten ökonomischen Bewertungsmaßstab der „direkt- und arbeitserledigungs-

kostenfreien Leistung (DAL)“ ist es möglich, Systeme der Bodenbewirtschaftung methodisch korrekt und umfassend zu bewerten. Bei der Konstruktion der Modellbetriebe ist insbesondere auf eine systemkonforme Maschinenausstattung zu achten.

Ergebnisse und Diskussion

Ertragseffekte verschiedener Vorfrüchte auf die Folgefrucht Winterweizen treten auf maritim geprägten Bördestandorten nicht auf. Unter kontinentalen Klimaverhältnissen und Böden mit knapper Wasserversorgung sowie häufig hitzebedingt abrupter Abreife sind jedoch bis zu 26 % geringere Erträge durch den Anbau von Weizen nach Weizen festzustellen. Der Stoppelweizenanbau ist hier kritisch zu hinterfragen. Mit der pfluglosen Bestellung steigen die Direktkosten in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Standort um bis zu 8 % an. Dies wird vorrangig durch höhere Aufwendungen beim Pflanzenschutz und der Düngung verursacht. Den größeren Einfluss auf die Höhe der Direktkosten eines Bewirtschaftungssystems stellt die Fruchtfolge dar. Durch eine gezielte Erweiterung der Fruchtfolgen werden Vermehrungszyklen von Krankheiten, aber auch Ungräsern gebrochen. Dadurch sinken die Direktkosten bei pflugloser Bestellung um 14 %. Wechselwirkungen von Fruchtfolge und Bodenbearbeitung auf die Höhe der Direktkosten treten nicht auf. Niedrigere Direktkosten in erweiterten pfluglos bestellten Bewirtschaftungssystemen sind im Vergleich zum Referenzsystem wintergetreidebetonte Fruchtfolge/Pflug ausschließlich auf Fruchtfolgeeffekte zurückzuführen. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass pfluglose Bestellverfahren geringere Kosten der Arbeitserledigung aufweisen. In vergleichbaren Systemen sinken diese um bis zu 14 %. Durch eine Anpassung der Fruchtfolge, ideal mit einem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht, sowie eine Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität bis hin zur Direktsaat können die Kosten der Arbeitserledigung um bis zu 27 % gemessen am Referenzsystem wintergetreidebetonte Fruchtfolge/Pflug reduziert werden.

Der wirtschaftliche Vorteil des um Leguminosen erweiterten, pfluglos bestellten Halmfrucht-Blattfruchtwechsels im Vergleich zur konventionell bestellten wintergetreidebetonten Fruchtfolge reicht in Abhängigkeit des Standorts von 59 €/ha an Binnenlandstandorten Nordwestdeutschlands bis 163 €/ha auf dem zu Vorsommertrockenheit neigenden Standort in Ostdeutschland. Die Entschärfung pflanzenbaulicher Problemfelder durch erweiterte Fruchtfolgen macht eine geringere Eingriffsintensität und damit höhere Einsparungen bei den Kosten der Arbeitserledigung bei pflugloser Bestellung möglich. Die durchgeführten Detailauswertungen auf Stückkostenbasis zeigen weiterhin in erweiterten pfluglos bestellten Anbausystemen eine kostengünstige und international wettbewerbsfähige Weizenproduktion.

Literatur

- Heißenhuber, A.; C. Lippert und R. Birner 2004: Konsequente Liberalisierung versus Förderung einer multifunktionalen Landwirtschaft durch Agrarstützung – Ein Vergleich der beiden agrarpolitischen Ansätze. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. 39, 303-311.
- Lütke Entrup, N.; R. Schüttert, H. Kivelitz und F.-F. Gröblichhoff 2001: Langzeitwirkungen integrierter Pflanzenbausysteme bei praxismgerechter Bewirtschaftung sowie ökologischer und ökonomischer Bewertung. Forschungsbericht des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest Nr. 10, 144-148.

Analyse potenzieller Wirkungen landwirtschaftlicher Betriebssysteme auf Biodiversität – eine indikatorenbasierte Methode im Modell REPRO

Norman Siebrecht & Kurt-Jürgen Hülsbergen

Einleitung

Pflanzenbauliche Systeme variieren in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsverfahren und der Maßnahmen zum Teil erheblich bez. ihrer externen Effekte. Zur Analyse und Bewertung der Umweltwirkungen stehen verschiedene Umweltmanagementsysteme zur Verfügung (EMA, KUL, REPRO...). Während Analysen zu den Wirkungen auf den Boden (Erosion, Schadverdichtung), die Energieeffizienz oder die Bodenfruchtbarkeit (Humus- und Nährstoffbilanzen) in vielen Systemen bereits lange integriert sind, werden Wirkungen auf Biodiversität meist nur unzureichend abgebildet. Zur Berücksichtigung möglicher Effekte im Rahmen des Betriebsmanagements oder der Planung ist es erforderlich, auch hier geeignete Methoden bereitzustellen, die mögliche Folgen abbilden.

Material und Methoden

Aufgrund der Komplexität der Biodiversität und den weniger klaren Wirkungszusammenhängen zwischen landwirtschaftlichen Aktivitäten und Wirkungen auf Biodiversität wurde eine indikatorenbasierte Methode entwickelt. Mit dieser wird das Potenzial von Betrieben abgeschätzt, positiv oder negativ auf Biodiversität zu wirken (Siebrecht & Hülsbergen 2008, 2009). Dieses bewirtschaftungsbedingte Biodiversitätspotenzial (BBP) berücksichtigt nicht nur einzelne Wirkungsbereiche, sondern basiert auf einer Komplexwirkung, zu deren Analyse Bewirtschaftungssysteme anhand mehrerer Teilindikatoren (TI) zu Strukturen, Inputs und Maßnahmen charakterisiert werden. Strukturen umfassen Merkmale zur Anbaustruktur und (Nutzungs- u. Anbauspektrum) und Flächenstruktur (Größe und Ausformung der Bewirtschaftungsflächen). Mit den Inputs werden Wirkungen stofflicher Komponenten erfasst, die von der Intensität des Düngungs- und des Pflanzenschutzsystems abhängig sind. Die TI zu den Maßnahmen erfassen darüber hinaus Wirkungen, die das Resultat von physikalisch-mechanischen, chemischen Effekten oder Störungen sind und durch die Verfahren ausgelöst werden. Alle TI werden bez. ihrer Wirkungen anhand einer Skala von 0 – 1 bewertet, wobei die Situation mit der besten Wirkung dem Wert 1 entspricht. Abschließend werden alle TI zum BBP aggregiert.

Das BBP baut in gewisser Weise auf dem Konzept der Umweltkapazität auf – abnehmende negative Wirkungen erhöhen die Umweltkapazität für viele Arten und haben somit das Potential, Biodiversität positiv zu beeinflussen. Da die Analyse auf betrieblich verfügbaren Daten zur Bewirtschaftung und der Maßnahmen basiert und Aufnahmen von Organismen bzw. deren Bestandsentwicklungen nicht berücksichtigt werden, erreicht der Ansatz eine hohe Anwendbarkeit und Praxistauglichkeit. Die Anwendung des Ansatzes wird exemplarisch für verschiedene Praxisbetriebe vorgestellt. Alle Betriebe befinden sich in einem Boden-Klima-Raum, unterscheiden sich jedoch bez. des Betriebstyps, der Produktionsrichtung, der Anbauform und der gewählten Intensitätsniveaus.

Ergebnisse und Diskussion

Die TI lassen eine deutliche Differenzierung der Betriebe erkennen. Beim TI Nutzungs- und Anbaudiversität heben sich die Betriebe 2, 6 (5) deutlich hervor. Im Vergleich zu Betrieb 1 (enge Fruchtfolge) weisen sie ein vielfältiges Anbausystem und ein geringeres Intensitätsniveau auf. Dies gilt auch für den Anteil der landwirtschaftlichen Flächen ohne Pflanzenschutzmitteleinsatz. Da Betrieb 1 alle Flächen mit PSM behandelt, erzielt dieser einen Wert von 0. Die Düngungsintensitäten variieren ebenfalls deutlich ($50 - 154 \text{ kg N ha}^{-1}$), wodurch Bewertungen von 1,0 – 0,17 erreicht werden. Bei den maßnahmenbasierten TI sind die Abweichungen zwischen den Betrieben weniger deutlich. Die Verfahrensdiversität Bodenbearbeitung zeigt jedoch den Trend, dass Betrieb 2 und 6 ebenfalls besser abschneiden. In den TI der Nutzungs- und Überrollhäufigkeit sind die verschiedenen Betriebsstrukturen ersichtlich. Betrieb 5 (Futterbau) nutzt einen großen Anteil der Flächen zur Futterversorgung, wodurch eine häufigere Nutzung (3-4 Schnitte) gegeben ist und woraus eine Bewertung von 0,37 resultiert. Auch die Verwertung der tierischen Exkremente wirkt sich in Kombination mit den Nutzungen negativ auf den TI Überrollhäufigkeit aus (Betrieb 5).

Tab. 1: Bewertungsergebnisse der Teilindikatoren und des BBP der Beispielbetriebe

Betrieb	Strukturen				Inputs			Maßnahmen				BBP
	Nutzungs- u. Anbaudiversität	Schlaggröße	Randlänge	Variationskoeffizient Schlaggröße	Anteil der LF o. PSM	Düngungsintensität	Gesamtbehandlungsindex	Verfahrensdiversität Bodenbearbeitung	Verfahrensdiversität Ernte	Nutzungshäufigkeit	Überrollhäufigkeit	
1	0,26	0,96	0,89	0,25	0,00	0,17	0,34	0,68	0,72	0,75	0,70	0,40
2	1,00	0,82	0,96	0,45	0,92	1,00	0,85	0,83	0,82	0,84	0,88	0,89
3	0,43	0,99	1,00	0,66	0,13	0,26	0,44	0,70	0,83	0,72	0,77	0,52
4	0,53	0,88	1,00	0,70	0,11	0,05	0,62	0,65	0,80	0,88	0,69	0,54
5	0,71	0,99	0,95	0,39	0,39	0,19	0,76	0,75	0,80	0,37	0,54	0,61
6	0,89	0,99	0,94	0,46	1,00	1,00	1,00	0,75	0,81	0,85	0,90	0,87

Die Ergebnisse zeigen, dass sich pflanzenbauliche Systeme voneinander unterscheiden lassen und das BBP eine hohe Sensitivität aufweist. Obwohl einige der TI die Zuordnungen von Betriebsformen, Anbausysteme oder die Unterscheidung von High- und Low-Input-Systemen ermöglichen, ist eine generelle Bevorzugung von bestimmten Systemen nicht zu erwarten. Zur Validität des BBP kann bisher keine abschließende Aussage getroffen werden, obwohl durchgeführte Vergleiche ähnliche Tendenzen aufwiesen. Daher sind weitere Anwendungen des BBP nötig, bei denen die Ergebnisse mit realen Daten zur Biodiversität in Beziehung gesetzt werden.

Literatur

- Siebrecht N. und K.-J. Hülsbergen 2008: Evaluation of Farm Biodiversity with Indicators in the Context of Sustainability. In: Neuhoff et al. (Hrsg.): Cultivating the future based on science Volume 2 - livestock, socio-economy and cross disciplinary research in organic farming: 704-707.
- Siebrecht N. und K.-J. Hülsbergen 2009: Das Biodiversitätspotential – ein Ansatz zur Analyse potenzieller biotischer Effekte Landwirtschaftlicher Betriebe. In: Mayer et al. (Hrsg.): Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.

Kann eine Betriebsbefragung zur Systemanalyse und -bewertung beitragen? – Beispiel Zuckerrübenanbau

Nicol Stockfisch, Heinrich Reineke & Julia Fuchs*

Einleitung

Umweltwirkungen werden zunehmend relevant im Hinblick auf die Bewertung eines Produktionssystems. Um Informationen zur Leistung und zur Gestaltung des Zuckerrübenanbaus in der Praxis zu erhalten, wurde für Zuckerrüben anbauende Betriebe die Öko-Effizienz berechnet. Das Öko-Effizienz-Konzept kann eine nachhaltige Entwicklung im Zuckerrübenanbau unterstützen, weil sich mit Indikatoren die Beziehung zwischen Intensität und Ertragsleistung analysieren lässt (Fuchs und Stockfisch 2009). Aus der Intensität lassen sich in einem weiteren Schritt die resultierenden Umweltwirkungen ableiten (Reineke und Stockfisch 2008). Zur Systembewertung können die Gesamt-Streuung der Ergebnisse oder rechtlich festgelegte Systemgrenzen herangezogen werden. Anhand der N-Düngung zu Zuckerrüben wird exemplarisch der Beitrag einer Betriebsbefragung zur Systembewertung betrachtet.

Material und Methoden

Befragt wurden 109 Betriebe zur Gestaltung des Zuckerrübenanbaus 2004 auf maximal 3 Schlägen je Betrieb. Dabei wurden alle Maßnahmen ab Ernte der Vorfrucht bis einschließlich Ernte der Zuckerrüben berücksichtigt. Die N-Düngung wurde aus der Summe organischer und mineralischer N-Dünger berechnet (incl. Düngung zur Zwischenfrucht). Nährstoffgehalte der Düngemittel wurden mit Standardwerten kalkuliert, bei organischen Düngern wurden nur die im Ausbringungsjahr anrechenbaren N-Mengen angesetzt. Ein einfacher N-Saldo wurde aus der Differenz zwischen N-Zufuhr mit Düngemitteln und N-Abfuhr mit Rüben ($1,8 \text{ kg N t}^{-1}$ Rüben-FM) berechnet. Als Leistungskenngröße wurde der Bereinigte Zuckerertrag (BZE) schlag-spezifisch kalkuliert aus Angaben in den Liefermitteilungen der Zuckerfabriken an die Betriebe.

Die Öko-Effizienz (Aufwand/Leistung) errechnete sich auf Schlagebene aus N-Düngung dividiert durch den BZE. Anschließend wurde auf den Mittelwert aller Schläge relativiert. Weitere Effizienzkriterien umfassten Bodenbearbeitung (kumulierter Energieaufwand aller Bodenbearbeitungsmaßnahmen nach Ernte der Vorfrucht), Pflanzenschutz (Behandlungsindex) und Ernte (Erdanhang) jeweils im Verhältnis zum BZE. Schließlich wurden alle auf den Mittelwert relativierten Effizienzkriterien in gleicher Gewichtung zum Gesamt-Öko-Effizienz-Index addiert.

Ergebnisse und Diskussion

Für insgesamt 224 Schläge ließen sich N-Saldo, BZE, Öko-Effizienz der N-Düngung und Gesamt-Öko-Effizienz des Zuckerrübenanbaus berechnen. Für alle Kennwerte wurde eine große Variabilität deutlich (Abb. 1). Es zeigte sich, dass die meisten Schläge mit überdurchschnittlicher Öko-Effizienz der N-Düngung zugleich eine überdurchschnittlich hohe Gesamt-Öko-Effizienz aufwiesen (Abb. 1 unten). Ursache ist, dass sich für Schläge mit hoher Öko-Effizienz der N-Düngung zumeist auch für die Kriterien Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz und Ernte eine hohe Öko-Effizienz ergab (Fuchs und Stockfisch 2009).

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen

e-mail: stockfisch@ifz-goettingen.de

* DLG e.V., Eschborner Landstraße 122, D-60489 Frankfurt

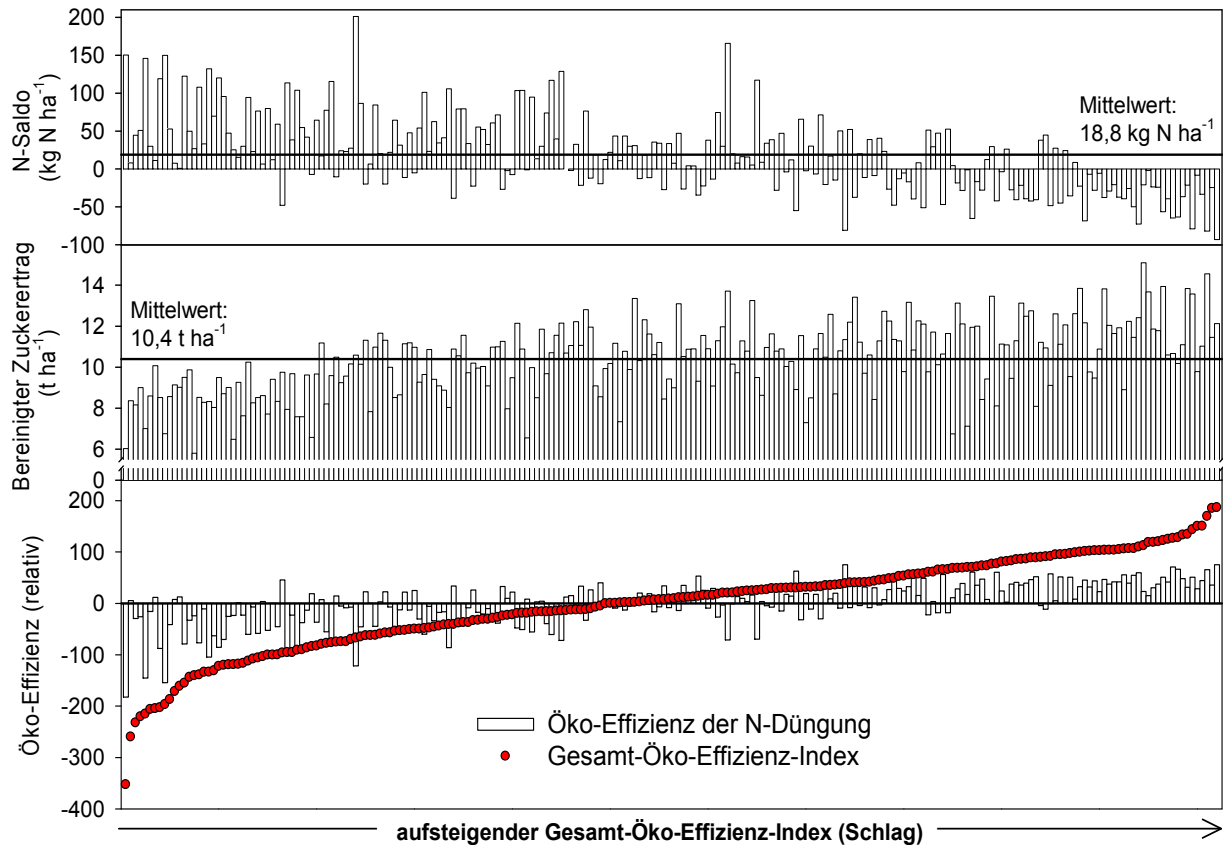


Abb. 1: N-Saldo, Bereinigter Zuckrertrag, Öko-Effizienz der N-Düngung und Gesamt-Öko-Effizienz (additiv zusammengesetzt aus Öko-Effizienz von Bodenbearbeitung, N-Düngung, Pflanzenschutz, Ernte; 0 = Mittel aller Schläge) des Zuckerrübenanbaus 2004, n = 224

Die Ertragsleistung (BZE, Abb. 1 Mitte) beeinflusst einerseits die Öko-Effizienz, andererseits über den Rübenenertrag auch den N-Saldo, der als Maß für potenzielle Umweltwirkungen der N-Düngung interpretierbar ist. Im Durchschnitt sind die N-Salden niedrig und können dazu beitragen, in der Fruchtfolge die in der Düngeverordnung vorgegebenen 60 kg N ha⁻¹ zu erreichen (Reineke und Stockfisch 2008).

Um die Gesamt-Öko-Effizienz im Zuckerrübenanbau zu erhöhen, müsste sich die Ertragsleistung für die unterdurchschnittlich effizienten Schläge bei gleich bleibender Intensität verbessern. Besseres Anbaumanagement kann zur Leistungssteigerung beitragen (Fuchs et al. 2008). Darüber hinaus kann eine angepasste/reduzierte Intensität die Öko-Effizienz weiter verbessern.

Grundsätzlich kann eine Betriebsbefragung den Stand von Umweltwirkungen und Öko-Effizienz eines Produktionssystems in der Praxis und die Variabilität aufzeigen. Die einfache Analyse von Zusammenhängen trägt zur weiteren Optimierung bei.

Literatur

- Fuchs, J. und N. Stockfisch 2009: Effizienzentwicklung im Zuckerrübenanbau am Beispiel der N-Düngung. Zuckerindustrie 134: 33-41.
 Fuchs, J.; N. Stockfisch und B. Märländer 2008: Entwicklung und Variation der Leistung von Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.) in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung von Anbaumanagement und Sorte. Pflanzenbauwissenschaften 12: 69-77.
 Reineke, H. und N. Stockfisch 2008: Ausgewählte Umweltindikatoren für Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau. Zuckerindustrie 133: 774-783.

Auswirkungen der N-Menge und Anzahl an N-Düngergaben auf Ertrag und Qualität eines Grünlandbestandes nach N-Flüssigdüngerinjektion und oberflächiger Düngerapplikation

Ralf Reinhardt, Martin Kücke*, Jörg-Michael Greef* & Heinrich Wilhelm Scherer

Einleitung

In zahlreichen Versuchen im Getreide und anderen Ackerkulturen hat sich bereits gezeigt, dass mit einer N-Flüssigdüngerinjektion nach dem CULTAN-Düngeverfahren zum Teil höhere Erträge bei besseren Qualitäten erzielt werden können als nach konventioneller N-Düngung (Kücke et al., 2006). Insbesondere wird von einer besseren N-Effizienz berichtet. Das Verfahren zielt auf eine langfristige Ammoniumernährung, welche die Pflanze dem aktuellen Bedarf entsprechend kontrollieren kann. Aus diesem Grund ist es bei dem CULTAN-Düngeverfahren möglich, die gesamte Stickstoffmenge in einer Gabe zu düngen (Sommer, 2005). Im Vordergrund der hier vorgestellten Feldversuche sollen die Fragen beantwortet werden, ob in der Grünlandbewirtschaftung bei häufiger Schnittnutzung durch eine N-Injektionsdüngung Einsparungen bei N-Menge und Applikationshäufigkeit ohne Ertrags- und Qualitätseinbußen möglich ist.

Material und Methoden

Die Versuche werden in den Jahren 2007 bis 2009 auf zwei Standorten in der Köln-Aachener Bucht (Heinsberg, Aldenhoven) und einem in Braunschweig durchgeführt. Bei den Versuchsflächen handelt es sich um Feldgrasbestände, die im Herbst 2006 (Heinsberg, Aldenhoven) bzw. Herbst 2005 (Braunschweig) mit einer Grünlandmischung, bestehend aus 60 % Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*), 30 % Wiesenlieschgras (*Phleum pratense*) und 10 % Weißklee (*Trifolium repens*) angesät wurden.

Tab. 1: Prozentuale Aufteilung der N-Düngermenge zu den vier geplanten Schnittnutzungen. In der Reihenfolge: 1. - 2. - 3. - 4. Aufwuchs

	Anzahl Düngergaben	Prozentuale Aufteilung	
		2007	2008/09
Heinsberg, Aldenhoven	4	33-25-25-17	33-25-25-17
	3	33-25-42-00	
	2	58-00-42-00	58-00-42-00
Braunschweig	4	33-25-25-17	33-25-25-17
	3	42-33-25-00	
	2		58-00-42-00

Die auf diesen Flächen angelegten Stickstoffdüngerversuche wurden als Langparzellenanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Auf allen Versuchsflächen wurden die Versuchsfaktoren „Düngeverfahren“ (Punktinjektion von N-Flüssigdünger, oberflächliche N-Applikation mit Festdünger) und „Anzahl der Teilgaben“ (4, 3, 2) untersucht. Als Düngemittel kamen bei der Punktinjektion Ammoniumsulfatlösung

Universität Bonn, INRES – Pflanzenernährung, Karlrobert-Kreiten-Straße 13, 53115 Bonn
E-Mail: ralf.reinhardt@uni-bonn.de

* JKI – Braunschweig, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

(ASL) (8 % NH₄-N, 9 % S) und bei der konventionellen Ausbringung schwefelhaltiger Kalkammonsalpeter (KAS+S) (24 % N, 7 % S) zum Einsatz. Für die vier geplanten Schnittnutzungen erfolgte die Aufteilung der N-Düngergaben wie in Tabelle 1 dargestellt. Als weitere Versuchsfaktoren wurde an den Standorten Heinsberg und Aldenhoven die ausgebrachte Stickstoffmenge von betriebsüblichen 320 kg N ha⁻¹ auf 240 kg N ha⁻¹ reduziert. Am Standort Braunschweig wurde bei einheitlicher Stickstoffdüngung von 240 kg N ha⁻¹ im Jahr 2007 und 280 kg N ha⁻¹ ab dem Jahr 2008 auch der Einsatz von Nitrifikationshemmern getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Die in Tabelle 2 abgebildeten Trockenmasseerträge zeigen an keinem Termin signifikante Unterschiede zwischen den Düngeverfahren. In den Varianten mit nur zwei Düngergaben bewirkte die hohe Stickstoffdüngung zum ersten Aufwuchs in beiden Düngeverfahren eine leichte Ertragssteigerung im Vergleich zu den entsprechenden Varianten mit vier Düngergaben. Die unterlassene Düngung zum zweiten Aufwuchs hatte allerdings bei beiden Düngeverfahren erhebliche Ertragseinbußen zur Folge. Die gleichen Tendenzen zeigten sich auch beim dritten und vierten Aufwuchs.

Tab. 2: Trockenmasseertrag von Futtergras (dt TM/ha) 2008 im Mittel über alle Standorte bei betriebsüblicher Stickstoffdüngemenge (Ø 300 kg N/ha)

Dünge- verfahren	1. Aufwuchs Düngergaben			2. Aufwuchs Düngergaben			3. Aufwuchs Düngergaben			4. Aufwuchs Düngergaben		
	4	2	Mittel	4	2	Mittel	4	2	Mittel	4	2	Mittel
Kontrolle	26 B			26 BC			23			23 A		
NH ₄ -Injektion oberflächlich	46 A	50 A	48	32 AB	23 C	27	30	29	29	20 A	12 B	16
	48 A	53 A	50	34 A	19 C	27	29	32	30	21 A	13 B	17
Mittel	47 B	51 A	49	33 A	21 B	27	29	31	30	21 A	12 B	17

unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante (P<0,05) Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Varianten bzw. der Düngeverfahren und der Anzahl an Düngergaben (Tukey-Test).

Die Rohproteingehalte der Varianten mit zwei Düngergaben lagen beim ersten Aufwuchs bei 18,4 % i. d. TM und beim zweiten Aufwuchs bei 13,2 % i. d. TM. Die Varianten mit vier Düngergaben hatten beim ersten Aufwuchs mit 15,6 % i. d. TM einen signifikant geringeren Rohproteingehalt und beim zweiten Aufwuchs mit 18,0 % i. d. TM einen signifikant höheren Rohproteingehalt.

Die bisher vorliegenden Versuchsdaten lassen nicht erkennen, dass durch die Ammonium-Injektionsdüngung die Anzahl der N-Düngergaben verringert werden kann. Die Ertrags- und Qualitätsdaten zeigen aber deutlich, dass sich mit der Ammonium-Injektionsdüngung vergleichbare Graserträge wie mit über Oberflächenapplikation erzielen lassen.

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung.

Literatur

- Kücke, M. und H.W. Scherer 2006: Injektionsdüngung in Deutschland: Stand des Wissens und Erfahrungen bei der Umsetzung in: Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (Hrsg.): Kartei für Rationalisierung 4.1.1.1.0 S. 398 – 429.
Sommer, K. 2005: Cultan Düngung. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.

Einfluss von Bodenverdichtung, Nutzungshäufigkeit, Stickstoff- und Kalidüngung auf Lachgasemissionen, botanische Zusammensetzung und Ertrag von intensiv genutzten Grünlandbeständen

Maria Schmeer, Ralf Loges, Mehmet Senbayram* & Friedhelm Taube

Einleitung

In der intensiven Milchviehhaltung ist ein hoch produktiver, stabiler Grünlandbestand für eine gute Ertragsleistung bzw. Futterqualität Grundvoraussetzung. Durch den Strukturwandel in der Landwirtschaft in den letzten Jahren kam es zu einem vermehrten Einsatz von schweren Maschinen und Stickstoffdünger, welche die Grünlandbestände belasten.

Material und Methoden

Um den Effekt unterschiedlich belastender Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Ertrag, Futterqualität, botanische Zusammensetzung sowie Lachgasemissionen zu bewerten, wurde am Standort Hohenschulen ein einheitlicher artenreicher Grünlandbestand in Bezug auf die Effekte der Faktoren Nutzungshäufigkeit (3- & 5-Schnittnutzung), Bodenverdichtung, Stickstoffdüngung (0, 360 kg N/ha als KAS & 360 kg N/ha als Harnstoff) und Kalidüngung (300 & 600 kg/ha) untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse zeigt einen hoch signifikanten Einfluss der Hauptfaktoren Jahr, Nutzungssystem, Verdichtung und Stickstoffdüngung auf die Parameter Trockenmasseertrag, Stickstoffertrag und botanische Zusammensetzung. Darüber hinaus bestehen in allen genannten Parametern Wechselwirkungen zwischen Nutzungssystem und Stickstoffdüngung, ausgewählte Ergebnisse sind in Abb. 1 dargestellt. Im Mittel der 3 Versuchsjahre führte Bodenverdichtung zu einer Abnahme der Trockenmasseerträge von 8-12 % (Abb. 1) und der Stickstofferträge von rund 13 %. Ertragsleistung und botanische Zusammensetzung zeigten sich deutlich abhängig von der Wechselwirkung aus Nutzungshäufigkeit und Stickstoffdüngung. Während in der 5-Schnittnutzung Ertragszunahmen durch die Stickstoffdüngung zu verzeichnen sind, verschiebt sich in der 3-Schnittnutzung die botanische Zusammensetzung des Bestandes, sodass in den ungedüngten Beständen die Luzerne dominiert und keine Ertragszuwächse infolge der Stickstoffdüngung entstehen (Abb. 2).

Ein leguminosenreicher, mit geringer Stickstoffintensität bewirtschafteter Bestand kann selbst bei negativen Einflüssen durch Bodenverdichtung ein höheres Trockenmasse- und Stickstoffertragsniveau aufweisen als ein grasdominierter intensiv bewirtschafteter Bestand.

Die Lachgasemissionen zeigen eine deutliche Wechselwirkung zwischen Bodenverdichtung und Stickstoffdüngung auf. In den ungedüngten Varianten hat die bodenbelastende Maßnahme keinen Einfluss auf die Emissionen. Induziert durch die Bodenverdichtung ist bei den mit Stickstoff gedüngten Standorten ein deutlicher

Anstieg der Emissionen zu verzeichnen (Abb. 3). Zu ergänzen ist, dass die Lachgasemissionen stark auf Witterungsverhältnisse reagieren, sodass im Jahr 2007 die Emissionen überwiegend durch die Stickstoffdüngung bedingt sind. Somit sind im Hinblick auf die Lachgasemission bodenverdichtende Bewirtschaftungsmaßnahmen besonders bei wassergesättigten Böden und gleichzeitigen hohen Stickstoffgaben zu vermeiden.

Leguminosen-Gras-Bestände sind somit vor dem Hintergrund der Klimarelevanz aufgrund hoher Erträge und geringer Emissionen günstiger zu beurteilen als hoch gedüngte Grasbestände.

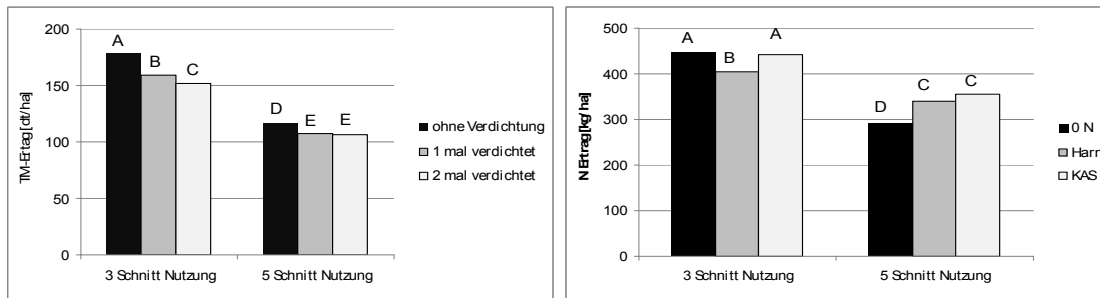


Abb. 1: Jahreserträge in dt/ha und Stickstofferträge in kg/ha in Abhängigkeit der Nutzungshäufigkeit und der Bodenverdichtung

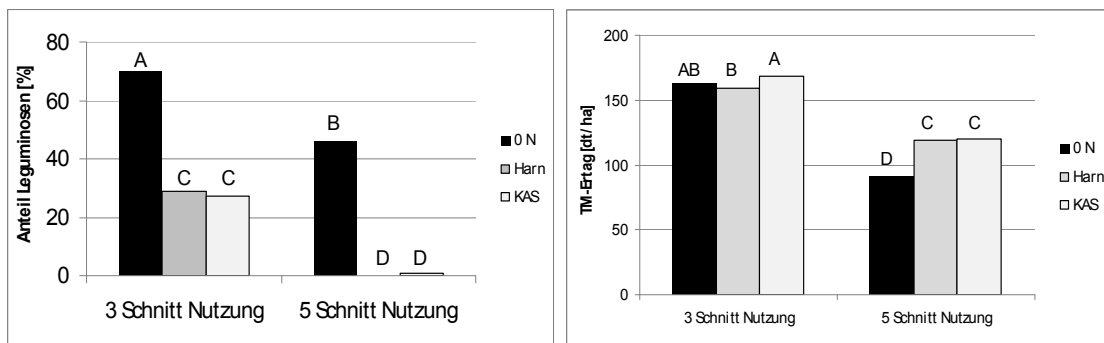


Abb. 2: a) Jahreserträge in dt/ha in Abhängigkeit der Nutzungshäufigkeit und Stickstoffdüngung; b) prozentualer Anteil an Leguminosen im Bestand in Abhängigkeit der Nutzungshäufigkeit und Stickstoffdüngung

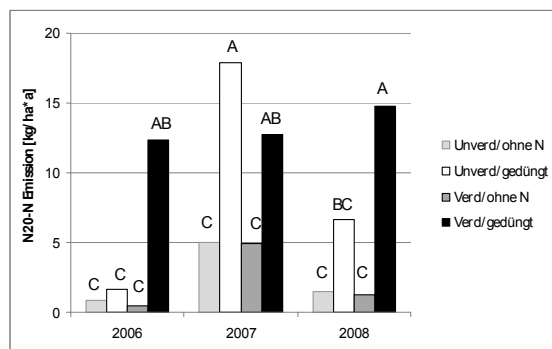


Abb. 3: Kumulative Lachgasemissionen in kg N₂O-N pro ha und Jahr in Abhängigkeit der Verdichtung und Stickstoffdüngung

Ertragsleistung und Futterqualität tanninreicher Futterpflanzen

Mareike Goeritz, Ralf Loges & Friedhelm Taube

Einleitung

Kondensierte Tannine können in der Wiederkäuerfütterung durch Komplexbildung mit Proteinen das Problem des schnellen ruminalen Proteinabbaus und den damit einhergehenden hohen N-Verlust von bis zu 35 % (Min et al. 2000) reduzieren. Tannine treten in unterschiedlichen Konzentrationen in vielen sekundären Futterpflanzen auf, über deren Anbaueignung aber bislang wenig bekannt ist. Ziel der Arbeit ist es, Ertragsleistung und Futterqualität von elf potentiell tanninreichen Pflanzenarten unter ökologischen Anbaubedingungen zu ermitteln.

Material und Methoden

Im Rahmen eines Feldversuches wurden elf Leguminosen- und Kräuterarten (Esparssette, Gelber Steinklee, Galega, Schwedenklee, Hornklee, Luzerne und Weißklee; Zichorie, Kleiner Wiesenknopf, Spitzwegerich und Löwenzahn; Referenzpflanzen Rotklee und Dt. Weidelgras) in den Jahren 2007 und 2008 auf dem ökologischen Versuchsgut „Lindhof“ der Universität Kiel angebaut. Zu den untersuchten Versuchsfaktoren gehörten u. a. der Einfluss des Bestandesalters (1. Hauptnutzungsjahr (HNJ) vs. 2. HNJ) und der Saatmischung (Reinsaat vs. Gemengesaat mit Rotklee und Dt. Weidelgras). Die Beprobungen erfolgten jeweils zu den Schnittterminen und beinhalteten die Beprobung eines ¼ qm zur TM-Ertragsbestimmung (48 h bei 58°C) und einer kleinen Menge Frischmasse zum Einfrieren und späteren Analyse auf Tanningehalte. Die Bestimmung der Tanningehalte erfolgte mit der Butanol-HCl-Methode nach Terril et al. (1992).

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1 zeigt die ermittelten durchschnittlichen Gehalte an kondensierten Tanninen der verschiedenen Zielpflanzen und der Referenzpflanzen. Als interessante Arten zeichnen sich die Leguminosen Esparssette und Hornklee aus.

Tab. 1: Durchschnittliche Tanningehalte der untersuchten Arten (% TM)

GS	Gal	Esp	SK	HK	Lu	WK	Zi	KW	Sp	Lö	RK	DW
0,08	0,09	6,98	0,89	3,11	0,08	0,74	0,10	0,56	0,15	0,11	0,46	0,07

GS = Gelber Steinklee, Gal = Galega, Esp = Esparssette, SK = Schwedenklee, HK = Hornklee, Lu = Luzerne, WK = Weißklee, Zi = Zichorie, KW = Kleiner Wiesenknopf, Sp = Spitzwegerich, Lö = Löwenzahn, RK = Rotklee, DW = Deutsches Weidelgras

Die Gegenüberstellung der Jahres-TM-Erträge der Reinsaaten im 1. bzw. 2. HNJ zeigt große Differenzen zwischen den Versuchsjahren, dem Bestandesalter und zu den Referenzpflanzen Dt. Weidelgras und Rotklee (Abb.1). Die tanninreiche Esparssette hatte im 1. HNJ die niedrigsten Erträge, was auf ihre generell langsame Jugendentwicklung, aber auch auf für sie ungünstige Wachstumsbedingungen zurückzuführen ist (vergleichsweise geringe Calciumgehalte im Boden). Im 2. HNJ konnte sie ihr Ertragsniveau besonders in den im Jahr 2007 (TM 54 dt/ha) beprobten Flächen deutlich erhöhen. Im Gemengeanbau konnte sie sich gegen Dt. Weidelgras und Rotklee überhaupt nicht durchsetzen (Abb. 3 und 4). Der Hornklee hatte hingegen im 1. HNJ im Vergleich zum Rotklee eine mittlere Ertragsleistung (TM 40-

53 dt/ha) und wies eine gewisse Ertragsstabilität zwischen den Jahren auf. Hier sind jedoch weitere Untersuchungen notwendig. Gute Erträge in Reinsaat wurden von Schwedenklee, Weißklee und Luzerne erzielt, im Gemenge nur von Schwedenklee und Weißklee. Die weiteren Arten waren im Gemenge äußerst schwach (Abb. 3 und 4). Gelber Steinklee, Zichorie, Luzerne, Galega und Spitzwegerich in Reinsaat zeigten große Ertragsschwankungen sowohl zwischen den Versuchsjahren als auch zwischen Beständen unterschiedlichen Alters. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass von den elf untersuchten Arten die Esparsette und der Hornklee aufgrund ihrer hohen Tanningehalte als potentiell anbauwürdige Pflanzen eingeschätzt werden können. Jedoch scheint die Esparsette trotz ihres hohen Tanningehaltes für den breitflächigen Anbau als ungeeignet, da ihre langsame Jugendentwicklung und ihre Ansprüche an den Boden ihr Anbaupotential einschränken. Hornklee hingegen scheint ein gewisses Anbaupotential zu besitzen, welches durch weiterführende Studien detaillierter geprüft werden soll.

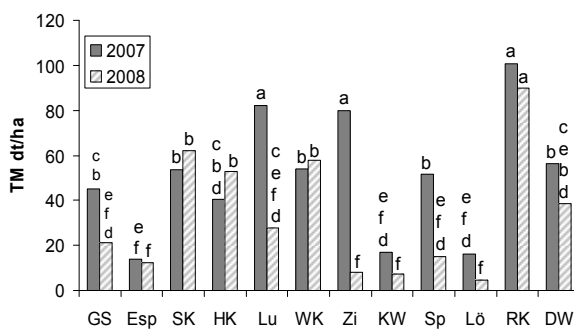


Abb. 1: TM-Erträge der Reinsaaten im 1. HNJ in den Jahren 07 und 08

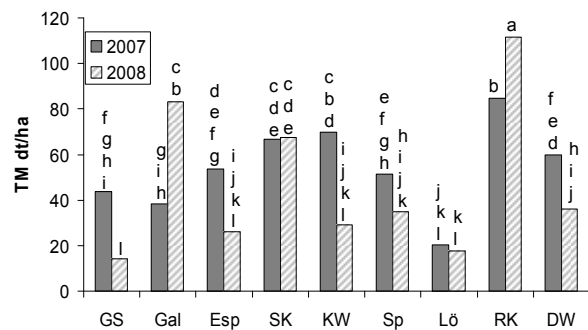


Abb. 2: TM-Erträge der Reinsaaten im 2. HNJ in den Jahren 07 und 08

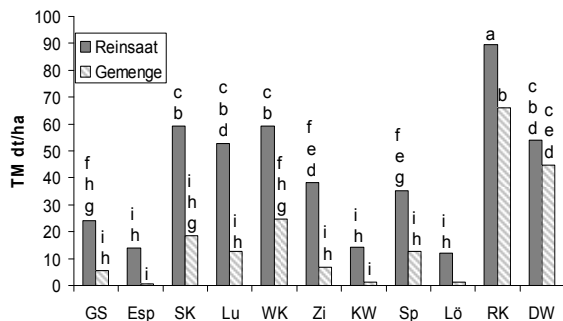


Abb. 3: TM-Erträge der Reinsaaten und Gemenge

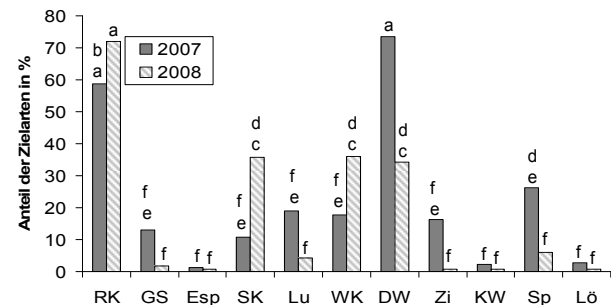


Abb. 4: Prozentanteile der Zielpflanzen im Gemenge

* Mittelwerte mit gleichem Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich (GD 0.05)

Literatur

- Min, B.R.; W.C. McNabb; T.N. Barry und J.S. Peters 2000: Solubilization and degradation of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (EC 4.1.1.39; Rubisco) protein from white clover (*Trifolium repens*) and *Lotus corniculatus* by rumen microorganisms and the effect of condensed tannins on these processes. J. Agric. Sci. Cam. 134, 305-317.
- Terril, T.H.; A.M. Rowan; G.B. Douglas und T.N. Barry 199): Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. J. Sci. Food Agr. 58: 321-329.

Chancen und Grenzen der Abschätzung des Leguminosen-Ertragsanteils mittels der digitalen Bildanalyse

Maike Himstedt, Thomas Fricke & Michael Wachendorf

Einleitung

Eine Abschätzung des Leguminosenanteils in Leguminosen/Gras-Gemengen ist von großem Wert für das Bestandes-Management und den effizienten Umgang mit Stickstoff im Rahmen der Fruchtfolge. Ist der Ertrag (z. B. bestimmt durch feldspektroskopische Messungen nach Biewer et al. 2009) und der Leguminosenanteil flächengenau bekannt, kann mit diesen Daten die fixierte Menge Luftstickstoff, die durch die Leguminosen in das System eingebracht wurde, geschätzt werden.

Mittels Bildanalyse wird der Leguminosen-Deckungsgrad auf digitalen Bildern von Leguminosen/Gras-Beständen geschätzt (Rotklee, Weißklee, Luzerne und Weidelgras in Reinsaaten und binaren Gemengen). Eine möglichst genaue Deckungsgradschätzung ist Grundlage für eine Berechnung des Leguminosen-Ertragsanteils. Die Bildanalyse zur Schätzung des Leguminosen-Deckungsgrades unterlag einer mehrstufigen Prüfung und Verbesserung anhand von Gewächshausversuchen (Himstedt et al., 2009). In diesem Beitrag wird anhand der Korrekturklassifikationsrate, der Sensitivität und der Relevanz die Güte der Deckungsgrad-Schätzung dargestellt. So können die Möglichkeiten der Methode, aber auch ihre Grenzen eingeschätzt werden.

Material und Methoden

In einem 9-wöchigen Gefäßversuch wurden Reinsaaten und binäre Gemenge von Rotklee, Weißklee, Luzerne und Deutschem Weidelgras in jeweils vier Wiederholungen untersucht. Es standen Bestände verschiedener Altersklassen (35, 49 oder 63 Tage alt) zur Verfügung (n=64). Einen Tag vor der Ernte wurden die Varianten mit einer Canon PowerShot G6 Digitalkamera mit einer Auflösung von 0.33 mm/Pixel fotografiert. Anschließend wurde die Biomasse geerntet, fraktioniert und für 48h bei 65°C getrocknet. Für die Bildanalyse wird das Programm Optimas[®] 6.5 der Firma Media Cybernetics[®] verwendet. Folgende Bildanalyse zur Klassifikation von Leguminosenflächen in digitalen Farbbildern wurde entwickelt:

1. Umwandlung der 24 bit RGB-Farbbilder in 24 bit HSL-Farbbilder (Hue, Saturation, Luminance).
2. Trennung von Flächen mit einem 7x7 Opening.
3. Anwendung der Filter Erode (Kontraktion) und Dilate (Expansion) mit einem Strukturelement der Größe 3*3 Pixel, 13 Iterationen.
4. Erkennung von Boden mit Threshold H [18-45] S [43-115] L [42-173].
5. Definieren von Flächen auf Grundlage leguminosenspezifischer Thresholds: Weißklee H [59-74] S [72-190] L [70-255], Rotklee H [57-75] S [52-168] L [90-200], Luzerne H [58-83] S [55-155] L [95-155].
6. Flächen eliminieren, die nicht folgenden Klassen-Kriterien genügen: Fläche >0.5 cm² und Verhältnis Länge zu Breite >0.7.
7. Angabe der verbleibenden Flächen in Prozent der Bildfläche (abzgl. der Bodenfläche). Die so definierte Fläche entspricht der von Leguminosen bedeckten Fläche (geschätzter Deckungsgrad).

Für eine Abschätzung der Güte der Klassifikation wurden nach der Bildanalyse folgende Flächen (in cm²) auf allen Bildern digital umrandet und gemessen: A) Leguminosenflächen, die richtig als Leguminose klassifiziert wurden, B) Flächen, die fälschlicherweise als Leguminose klassifiziert wurden, C) Leguminosenflächen, die fälschlicherweise nicht als Leguminose klassifiziert wurden, D) Flächen, die richtig nicht als Leguminose klassifiziert wurden (Tab.1).

Tab. 1: Darstellung der Klassifikationsmöglichkeiten.

	„Leguminose“	„Keine Leguminose“
Als „Leguminose“ klassifiziert	A	B
Als „keine Leguminose“ klassifiziert	C	D

Mit diesen Werten sind folgende Bewertungen der Klassifikation berechenbar:

Die *Sensitivität* ($A/(A+C)$) ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine vorhandene Leguminosenfläche auch erkannt wird. Die *Relevanz* ($A/(A+B)$) ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine klassifizierte Leguminosenfläche tatsächlich eine Leguminose ist. Die *Korrektklassifikationsrate* ($(A+D)/(A+B+C+D)$) ist die Wahrscheinlichkeit für eine richtige Diagnose.

Ergebnisse und Diskussion

Grundlage für die Abschätzung des Ertragsanteils ist eine möglichst genaue bildanalytische Bestimmung des Leguminosen-Deckungsgrades. Mit der vorgestellten Bildanalyse wird im Durchschnitt eine Korrektklassifikationsrate von 93.9 % erreicht (alle Leguminosen, alle 3 Altersstufen). Eine als Leguminose klassifizierte Fläche ist mit einer 87%igen Wahrscheinlichkeit eine Leguminose (Relevanz). Vorhandene Leguminosenflächen werden mit 85%iger Wahrscheinlichkeit auch erkannt (Sensitivität). Werden nur die beiden älteren Bestände betrachtet, liegt die Korrektklassifikationsrate gleich bleibend bei 93.9%, die Relevanz und Sensitivität werden mit 88.7% bzw. 91.8% deutlich besser. Die Sensitivität ist demnach bei den jüngeren Beständen schlechter als bei den älteren: Vorhandene Leguminosen werden in jüngeren Beständen weniger gut erkannt (durchschnittlich 67.6%). Dies liegt daran, dass die Leguminosen in jungem Zustand sehr kleine Blätter haben, die teilweise kleiner als die Klassen-Kriterien sind, was zum Ausschluss dieser Flächen führt. Um eine korrekte Klassifikation in den älteren Beständen zu behalten, ist es aber nicht möglich, die Klassen-Kriterien zu ändern, da zu viele kleine Gras-Fragmente nicht eliminiert werden würden. Die Relevanz betrachtend werden einige Kräuter, die in ihrer Form der Leguminose sehr ähnlich sind, als Leguminose klassifiziert.

Die Korrektklassifikationsrate von 93.9% unterstützt unsere Annahme, dass eine bildanalytische Erkennung von Leguminosen in Leguminosen/Gras-Gemengen möglich ist. Durch die Sensitivität von 85 bzw. 91,8% wird deutlich, dass kleine Leguminosen-Blätter schlechter erkannt werden, sodass in sehr jungen Beständen die Grenze der Methode deutlich wird. Die Relevanz von 87 bzw. 88.7% weist darauf hin, dass in geringem Maße auch Nicht-Leguminosen als Leguminosen klassifiziert werden.

Literatur

- Biewer, S.; T. Fricke und M. Wachendorf 2009: Determination of dry matter yield from legume-grass swards by field spectroscopy, Crop Science, (accepted).
 Himstedt, M.; T. Fricke und M. Wachendorf 2009: Determining the contribution of legumes in legume/grass mixtures using digital image analysis, Crop Science (accepted).

Der Einfluss des Bewölkungsgrades auf hyperspektrale Messungen im Feld am Beispiel eines Klee-Gras-Bestandes

Daniela Perbandt, Thomas Fricke & Michael Wachendorf

Einleitung

Die Erfassung spektraler Daten an Pflanzen unter Feldbedingungen ist sehr stark abhängig von äußeren Einflüssen wie beispielsweise Wind und Bewölkungsgrad. Für feldspektroskopische Messungen wird deshalb eine Messung bei Strahlungswetterlage empfohlen, um den Einfluss von Wolken oder Aerosolen möglichst gering zu halten. Diese Vorgehensweise ist jedoch im Rahmen landwirtschaftlicher Untersuchungen, die auf die Vegetationsperioden der Pflanzen abzustimmen sind, in humiden Klimazonen häufig nicht durchführbar. Um den Einfluss der Bewölkung auf die spektrale Signatur besser zu verstehen, wurden 2008 fünf verschiedene Bewölkungsgrade über einem Kleeergrasbestand künstlich installiert. Der Beitrag stellt die Methode und erste Ergebnisse zur Trockenmassebestimmung vor.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Neu-Eichenberg der Universität Kassel wurde im Jahr 2008 ein Kleeergrasbestand aus Welschem Weidelgras (*Lolium multiflorum* L.) und Rotklee (*Trifolium pratense* L.) in unterschiedlichen Entwicklungsstadien mit drei Wiederholungen untersucht. Die Parzellen wurden auf 0,25 m² großen, fortlaufenden Beprobungsflächen zu sieben Messterminen mit einem Feldspektrometer der Firma Analytical Spectral Devices (ASD) im Wellenlängenbereich von 350 bis 2500 nm gemessen und anschließend bearbeitet.

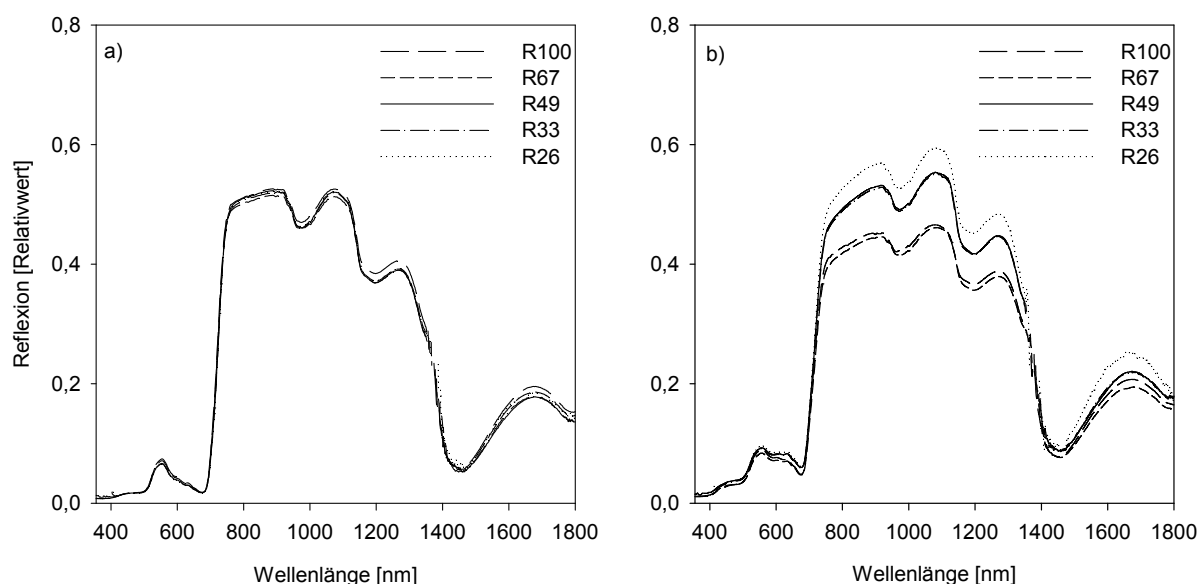


Abb. 1: Gemessene Spektren definierter Bewölkungsgrade (R67-R26) im Vergleich zur wolkenlosen Messbedingung (R100). a) 20. Mai, b) 23. Juni

Die Messungen wurden zwei Stunden vor und nach Sonnenhöchststand bei möglichst klarem Himmel durchgeführt, um Störungen durch Wolken zu vermeiden. Um definierte Bewölkungszustände zu simulieren, wurde ein 1.55*1.55*1.80 m³

großes Gestell über der Beprobungsfläche aufgebaut und mit verschiedenen Stoffen überzogen. Dadurch konnten folgende Reduktionen der einfallenden Strahlung im Verhältnis zur Standardmessung (R100) erzielt werden: 33 % (R67), 51 % (R49), 67 % (R33) und 74 % (R26). Instrumentenabgleich und Messung erfolgten unter dem Gestell. Die geerntete Biomasse wurde für 72 h bei 100°C getrocknet.

Die gemessenen hyperspektralen Daten wurden zunächst durch einen Algorithmus nach Savitzky & Golay (1964) geglättet und die Wellenlängen 350-420, 1350-1475 und 1785-2500 nm wegen erhöhtem Rauschsignal an den Skalenenden und in den Wasserabsorptionsbanden visuell ausgeschlossen. Somit standen 622 Wellenlängen zur Berechnung der Kalibrationsgleichungen zur Verfügung, die mittels der MPLS Regression der WinISI III Software (Infrasoft International, LLC. FOSS) durchgeführt wurde. Kalibrationen wurden über alle Verdunklungsstufen (R100-R26) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Gegensatz zu der Reflexion an jungen Grünlandbeständen (Abb. 1a) konnte für alternde Bestände eine Zunahme der Reflexionsintensitäten mit steigendem Bewölkungsgrad festgestellt werden (Abb. 1b). Dies ist auf ein Zusammenwirken von Bestandesarchitektur und Bewölkung zurückzuführen. Wolken nahe der Sonne erhöhen die einfallende Strahlungsenergie (Feister und Shields., 2005), die in älteren Beständen aufgrund einer hohen Anzahl von Blattschichten vielfach reflektiert werden kann (Bauer, 1985).

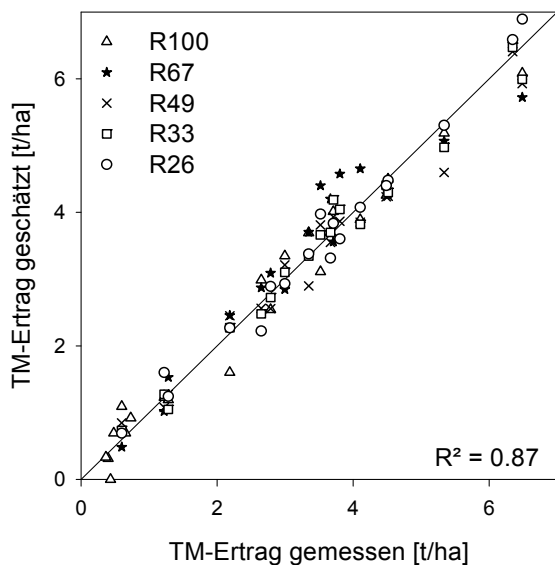


Abb. 2: Gemessener und geschätzter TM-Ertrag [t/ha] bei unterschiedlichen Bewölkungsgraden

Die Erstellung einer Kalibration über alle Verdunklungsstufen diente der Prüfung, inwieweit unterschiedliche Bewölkungen die Vorhersagegenauigkeit des Trockenmasseertrages beeinflussen. Das Ergebnis lässt die Schlussfolgerung zu, dass eine Vorhersage auch bei unterschiedlicher Bewölkung möglich ist, sofern die zugrunde liegende Kalibrationsgleichung alle Bewölkungszustände einbezieht und der Instrumentenabgleich sowie die Messung bei denselben Beleuchtungsbedingungen durchgeführt werden. Dies ist jedoch bei natürlicher Wetterlage aufgrund der hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität der Wolken schwierig zu realisieren. Aus diesem Grund ist eine gleichzeitige Messung der einfallenden Strahlung und des Bestandes sinnvoll.

Literatur

- Bauer, M.E., 1985: Spectral Inputs to Crop Identification and Condition Assessment. Proceedings of the IEEE 73 (6), 1071-1085.
- Feister, U. und J. Shields 2005: Cloud and radiance measurements with the VIS/NIR Daylight Whole Sky Imager at Lindenberg (Germany). Meteorologische Zeitschrift 14 (5), 627-639.
- Savitzky, A. und M.J.E. Golay 1964: Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. Analytical Chemistry 36, 1627-1639.

Wechselwirkung zukünftiger atmosphärischer CO₂-Konzentrationen und unterschiedlicher Wasserversorgung auf das Wachstum eines Maisbestandes: Effekte auf Wasser- und Strahlungsausnutzungseffizienz

Remy Manderscheid, Martin Erbs, Enrico Nozinski & Hans-Joachim Weigel

Einleitung

Der prognostizierte Klimawandel beinhaltet eine Zunahme der atmosphärischen CO₂-Konzentration, der Lufttemperatur und der Sommertrockenheit. Dies hat große Folgen für die Landwirtschaft, die man versucht, mit Hilfe von experimentellen Daten und darauf aufbauenden Wachstumsmodellen abzuschätzen. Bei C₃-Pflanzen führt der CO₂-Anstieg meist zu einer Steigerung der Photosynthese und einer Abnahme der Transpiration und daher zu einer Ertragsverbesserung. Frühere Untersuchungen bei C₄-Pflanzen ergaben ähnliche Resultate. In einem neueren Feldversuch mit Mais wurde jedoch beobachtet, dass höhere CO₂-Konzentrationen nur die Transpiration verringern (Leakey et al. 2006). Demnach hätte der CO₂-Anstieg bei Mais nur unter Trockenstress positive Auswirkungen auf das Wachstum. Im vorliegenden Feldversuch wurde unter den hiesigen Anbaubedingungen das Maiswachstum bei unterschiedlicher CO₂-Konzentration und Wasserversorgung untersucht. Es wurden die Auswirkungen auf das Wachstum sowie auf die Strahlungs- und Wasserausnutzungseffizienz ermittelt.

Material und Methoden

Auf einem Versuchsfeld des vTI wurde 2007 und 2008 Silomais (Sorte „Romario“) mit Hilfe der FACE-Technik bei zwei CO₂-Konzentrationen (ca. 380 ppm, 550 ppm) und unterschiedlicher Wasserversorgung (ausreichende Bewässerung – nFK > 50 %, Trockenstress im Juli und August – nFK < 50 %) angebaut, wie bereits beschrieben (Manderscheid et al. 2008). Auf den Versuchsfeldern wurden der Niederschlag, die Bodenfeuchte und die Strahlungsaufnahme durch den grünen Bestand gemessen. Außerdem wurde die oberirdische Biomasse in ca. monatlichem Abstand ermittelt. Die Strahlungsausnutzungseffizienz (RUE) wurde berechnet als Steigung der linearen Beziehung zwischen akkumulierter Strahlungsaufnahme und Biomasseproduktion. Für die Berechnung der Wasserausnutzungseffizienz (WUE) wurde die Biomasse durch den Wasserverbrauch dividiert, für den im ersten Versuchsjahr nur die Menge an Niederschlag und Bewässerung eingesetzt wurde, während im zweiten Versuchsjahr zusätzlich die Änderung der Bodenfeuchte in 0-60 cm Tiefe berücksichtigt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Die ungewöhnlich hohen Niederschlagsmengen im Sommer 2007 verhinderten das Auftreten von Trockenstress. Die Wasserversorgung (Niederschlag und Bewässerung) über die ganze Vegetationsperiode für die Flächen mit und ohne Trockenstress betrug im ersten Jahr 308 mm und 350 mm und im zweiten Jahr 174 mm und 330 mm (ohne CO₂-Anreicherung) bzw. 305 mm (mit CO₂-Anreicherung). Die CO₂-Anreicherung verursachte in der gut bewässerten Variante eine Reduktion der Transpiration und eine Zunahme der Bodenfeuchte (Manderscheid et al. 2008).

Um das Auftreten von Staunässe zu verhindern, wurde daher 2008 die Bewässerungsmenge unter CO₂-Anreicherung verringert.

In der bewässerten Variante wurden in beiden Jahren ähnliche Biomasse- und Kornertragswerte gefunden und auch die Ressourcennutzungseffizienzen differierten kaum. Auf den Versuchspartellen ohne sommerliche Bodentrockenheit, d. h. in beiden Bewässerungsvarianten in 2007 und in der feuchten Variante 2008, war keinerlei CO₂-Effekt auf das Pflanzenwachstum festzustellen. Gemittelt über alle Behandlungen ohne Trockenheit war der CO₂-Effekt auf Biomasse-, Kornertrag und RUE kleiner als 1 %. Dies bestätigt die Ergebnisse von Leakey et al. (2006), dass Mais als C₄-Pflanze bei ausreichender Wasserversorgung nicht von einem Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration profitiert. Bei unzureichender Wasserverfügbarkeit hingegen, wie in der trockenen Variante 2008, in der der Maisbestand nur ca. 50 % der Wassermenge der gut bewässerten Variante zur Verfügung hatte, führte die CO₂-Anreicherung zu einer Zunahme des Biomasse- (+24 %) und Kornertrags (+ 41 %), sowie von RUE (+ 20 %). Dies beruhte letztendlich auf einer Verbesserung von WUE (+ 27 %) bzw. einer CO₂-bedingten Minderung der Transpiration, wie im ersten Versuchsjahr durch Messungen des Saftflusses nachgewiesen wurde (Manderscheid et al. 2008).

Die Ergebnisse von Leakey et al. (2006) und vom Braunschweiger Mais-FACE-Versuch belegen, dass bei der Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf das Maiswachstum ein positiver CO₂-Effekt nur unter Trockenstress berücksichtigt werden darf und nicht auch bei ausreichender Wasserversorgung wie in bisherigen Modellen (Leakey et al. 2006).

Tab. 1: Wirkung unterschiedlicher CO₂-Konzentration (Kontr. = 380 ppm, FACE = 550 ppm) und Wasserversorgung (feucht, trocken) auf Biomasse, Kornertrag sowie Strahlungs- (RUE) und Wasserausnutzungseffizienz (WUE). Mittelwerte mit Standardfehlern (n = 3).

CO ₂	Wasser	Biomasse [g m ⁻²]		Kornertrag [g m ⁻²]		RUE [g MJ ⁻¹]		WUE [g l ⁻¹]	
		2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Kontr.	feucht	2138 ± 17	2248 ± 39	1038 ± 21	1125 ± 18	3.00 ± 0.10	3.12 ± 0.01	6.1 ± 0.1	6.4 ± 0.2
Kontr.	trocken	2139* ± 53	1609 ± 68	1004* ± 18	681 ± 60	2.97* ± 0.05	2.49 ± 0.08	6.9* ± 0.2	6.7 ± 0.4
FACE	feucht	2184 ± 51	2248 ± 53	1029 ± 25	1117 ± 21	3.03 ± 0.13	3.12 ± 0.13	6.2 ± 0.2	7.3 ± 0.1
FACE	trocken	2153* ± 58	1992 ± 99	1017* ± 38	957 ± 71	2.89* ± 0.13	2.98 ± 0.14	7.0* ± 0.2	8.5 ± 0.7

* wegen ungewöhnlich feuchter Witterung wurde keine Trockenheit (nFK < 50 %) erzielt.

Literatur

- Leakey, A.D.B.; M. Uribelarrea; E.A. Ainsworth; S.L. Naidu; A. Rogers, D.R. Ort and S.P. Long 2006. Photosynthesis, productivity, and yield of maize are not affected by open-air elevation of CO₂ concentration in the absence of drought. *Plant Physiol.* 140: 779-790.
- Manderscheid, R.; M. Erbs; E. Nozinski und H.-J. Weigel 2008: Freilanduntersuchungen (FACE) zur Wechselwirkung zukünftiger atmosphärischer CO₂-Konzentrationen und Sommertrockenheit auf Maisbestände. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 20: 15-16.

Potenzielle Ertragssteigerung bei Winterrüben aufgrund verbesserter Lichtinterzeption

Christa Hoffmann & Sinje Kluge-Severin

Einleitung

Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen haben Zuckerrüben eine langsame Jugendentwicklung und eine zögerliche Ausbildung des Blattapparates im Frühjahr (Scott & Jaggard 1993, Kenter et al. 2006). Der Bestandesschluss ist erst Anfang Juli erreicht, so dass erst ab diesem Zeitpunkt die Einstrahlung vollständig zur Ertragsbildung genutzt werden kann. Die absolute Einstrahlung nimmt dann allerdings schon wieder ab. Der am stärksten ertragsbegrenzende Faktor bei Zuckerrüben ist demnach die mangelnde Lichtinterzeption im Frühjahr. Beim Anbau von Winterrüben, d. h. Zuckerrüben, die im Herbst gesät werden, wird erwartet, dass die Pflanzen schon zeitig im Frühjahr eine ausreichende Blattfläche erreichen, um die Strahlung zu absorbieren. Wenn die zusätzlich absorbierte Lichtmenge vollständig in Ertrag umgesetzt wird, kann mit einer Ertragssteigerung gerechnet werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die potenzielle Ertragssteigerung von Winter-
rüben aufgrund verbesserter Lichtinterzeption abzuschätzen.

Material und Methoden

2005/06 und 2006/07 wurden Feldversuche mit einer gängigen Zuckerrübensorte an je zwei Standorten in der Nähe von Göttingen mit drei Aussatterminen im Herbst (August, Mitte und Anfang September) und Frühjahr (Februar, März, April) durchgeführt. Neben dem Feldaufgang wurde in regelmäßigen Abständen der Blattflächenindex (BFI) (LICOR 2000) sowie Blatt- und Rüben-TM erfasst. Temperatur und Strahlung wurden auf dem Standort aufgezeichnet. Die absorbierte Strahlung wurde aus BFI und Absorptionsgrad errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl nach Aussaat im Frühjahr als auch nach Aussaat im Herbst ließ sich der Feldaufgang der Rüben gut mit der Temperatursumme beschreiben. Genauso waren Blatt- und Rüben-trockenmassebildung eng mit der Temperatursumme korreliert. Das weist darauf hin, dass die anderen Wachstumsfaktoren (Wasser, Nährstoffe) nicht limitierend gewirkt haben.

Die im Herbst gesäten Winterrüben bildeten schon vor Winter Blätter mit einem BFI von $1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Über Winter frohr zwar ein Großteil der Blätter ab, im Frühjahr wurden ab April allerdings schnell neue Blätter gebildet. Winterrüben erreichten so schon Ende Mai den optimalen BFI von 3,5, während die im Frühjahr gesäten Rüben erst einen Monat später Bestandesschluss erreichten. Winterrüben konnten daher im April 40 %, im Mai 75 % der photosynthetisch aktiven Strahlung nutzen, die im Frühjahr gesäten im Mai erst 24 %. Demnach konnten Winterrüben erheblich mehr der intensiven Strahlung im Frühjahr absorbieren als die im April gesäten Rüben (Abb. 1).

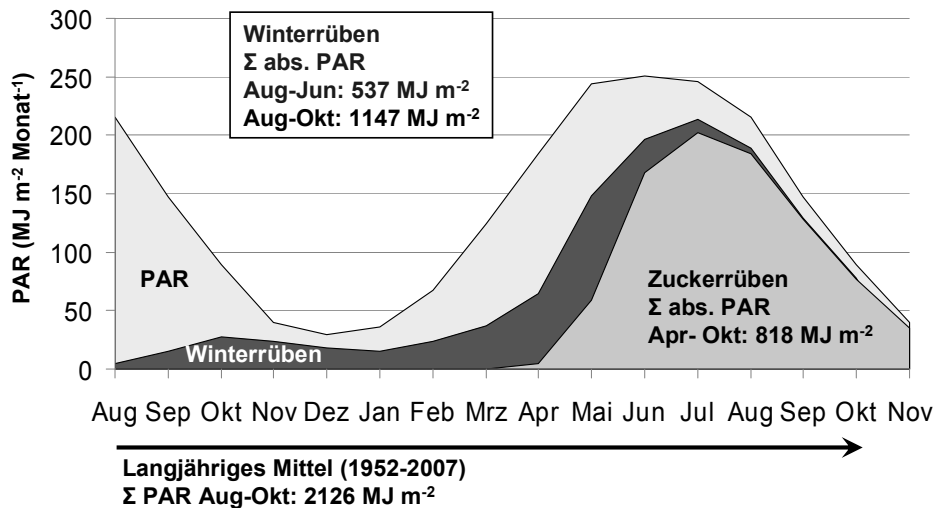


Abb. 1: Lichtinterzeption als Summe absorbierter photosynthetisch aktiver Strahlung (PAR) von Winter- und Zuckerrüben im Vergleich zu Zuckerrüben, die von April bis Oktober wachsen; Göttingen, Mittel von 4 Standorten 2005/06 und 2006/07

Es gab eine sehr enge Beziehung zwischen der Lichtinterzeption und der Trockenmassebildung aus Rübe und Blatt, d. h. die Trockenmassebildung nahm mit zunehmender Lichtinterzeption zu. Die Lichtnutzungseffizienz war bei den Winter- und Zuckerrüben jedoch etwas geringer als bei den im Frühjahr gesäten Rüben. Das ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass Winter- und Zuckerrüben über Winter Blattmasse verlieren und zudem beim Schossen holziges Gewebe aufbauen.

Die konventionellen Zuckerrübensorten schossen aufgrund des Vernalisationsreizes im Winter im folgenden Frühjahr, daher kann experimentell nicht ermittelt werden, wie hoch die Ertragssteigerung bei nicht schossenden Winter- und Zuckerrüben wäre. Der theoretische Ertrag von nicht schossenden Winter- und Zuckerrüben (schossfesten Sorten) wurde deshalb aus der Lichtnutzungseffizienz und der verbesserten Lichtinterzeption im Frühjahr berechnet. Bei verlängerter Vegetationsperiode bis Oktober ergab sich aufgrund der verbesserten Lichtinterzeption (Abb. 1) eine mögliche potenzielle Ertragssteigerung von 19 %. Dieser Anstieg kann zu optimistisch sein, da davon ausgegangen worden ist, dass das vegetative Wachstum der Zuckerrübe nicht limitiert ist. Andererseits wurden von Werker & Jaggard (1997) 30 % Ertragssteigerung bei Winter- und Zuckerrüben in Modellrechnungen simuliert. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, wie das Wachstum von schossfesten Winter- und Zuckerrüben tatsächlich verläuft.

Literatur

- Kenter, C.; C.M. Hoffmann und B. Märkländer 2006: Effects of weather variables on yield development of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Eur. J. Agron. 24: 62-69.
- Scott, R.K. und K.W. Jaggard 1993: Crop physiology and agronomy. In: D.A. Cooke und R.K. Scott (Eds) The Sugar Beet Crop: Science into Practice, 179-237.
- Werker, A.R. und K.W. Jaggard 1997: Modelling asymmetrical growth curves that rise and then fall: applications to foliage dynamics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Annals Botany, 79: 657-665.

Einsatz nicht-destruktiver Messverfahren zur Charakterisierung des Nährstoffstatus von Sommergerste

Martin Strenner & Franz-Xaver Maidl

Einleitung

Die Sommergerste ist mit 540.000 ha die wichtigste Sommergetreideart (Destatis, 2009). Eine besondere Bedeutung kommt dieser Kultur in der Verwendung als Braugerste zu. Um gute Mälzeigenschaften zu gewährleisten, sind niedrige Proteingehalte des Korns wichtig. Für die Lösung des Zielkonfliktes zwischen niedrigen Proteingehalten und zugleich hohen Erträgen ist eine genaue Kenntnis des Nährstoffstatus während der Vegetation von besonderer Bedeutung, um eine exakte Düngung zu ermöglichen. Das Ziel dieser Arbeit war daher, die Möglichkeiten der Charakterisierung des Stickstoffstatus von Sommergerste mittels berührungsloser Fluoreszenz- und Reflexionsmessungen zu untersuchen.

Material und Methoden

In den Jahren 2007 und 2008 wurden auf Versuchsfeldern des Wissenschaftszentrums Weihenstephan Parzellenversuche bei Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.) durchgeführt. In diesen Versuchen wurden vier Sorten, Auriga, Power, Braemar sowie Simba, mit jeweils vier Stickstoffvarianten behandelt. Diese unterschieden sich in der N-Gesamtmenge und in der Terminierung der Teilgaben. Die Anlage des Versuchs erfolgte in vierfacher Wiederholung mit Doppelparzellen. Davon diente eine Parzelle der Mähdruschernte sowie den Sensormessungen und die andere Parzelle diente der Beprobung. Während der Vegetationsperiode wurden in der Beprobungsparzelle zu vier Terminen Biomasseproben entnommen und im Labor auf deren Stickstoffgehalt untersucht. Die Reflexionsmessungen der Bestände erfolgte mit einem Handradiospektrometer der Firma tec5 AG (Oberursel, Deutschland). Dabei wurden die Vegetationsindizes REIP, NDVI, IR/R, IR/G, IRI 1, IRI 2 und SAVI ermittelt. Aus Platzgründen wird hier nur der Index REIP behandelt. Aus den Fluoreszenzmessungen mit einem Lasersensor der Firma Fritzmeier GmbH (Großhelfendorf, Deutschland) wurde der Vegetationsindex Ratio ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die N-Aufnahme von Sommergerste ließ sich zu allen Entwicklungsstadien sowohl mittels fluoreszenz-, als auch reflexionsanalytischer Messung gut abbilden (Tab. 1). Von den verschiedenen Vegetationsindizes der Reflexionsmessungen erwies sich der REIP als besonders geeignet.

Daneben war der Vegetationsindex Ratio meist stärker mit den N-Gehalten korreliert. Des Weiteren zeigte sich, dass frühe Entwicklungsstadien höhere Bestimmtheitsmaße mit der N-Aufnahme aufwiesen als spätere. Eine Übersicht der Bestimmtheitsmaße (R^2) der Pflanzenparameter zu den Vegetationsindizes als Mittelwert über die Jahre ist in Tab.1 dargestellt.

Tab. 1: R²-Werte der Pflanzenparameter zu den Vegetationsindizes

EC-Stadium	N-Gehalt (%)		N-Aufnahme (kg/ha)		TM-Ertrag (dt/ha)	
	Ratio	REIP	Ratio	REIP	Ratio	REIP
30	0,75	0,70	0,72	0,81	0,43	0,48
49	0,68	0,70	0,62	0,73	0,43	0,58
65	n.v. ¹⁾	0,70	n.v.	0,77	n.v.	0,54

¹⁾ Daten nicht verfügbar

Wie die Kurven der Regressionen zwischen der N-Aufnahme und dem Vegetationsindex REIP zeigen, waren zwischen den untersuchten Sommergerstensorten vor allen bei hoch versorgten Beständen nur sehr geringe Unterschiede feststellbar (Abb. 1). Bei den fluoreszenzanalytischen Messungen hingegen waren über alle N-Stufen stärkere Sortenunterschiede erkennbar (Abb. 2). Der Verlauf der Regressionskurven der verschiedenen Vegetationsindices zur N-Aufnahme ist stark stadienabhängig, wie das Beispiel für den REIP verdeutlicht (Abb. 3).

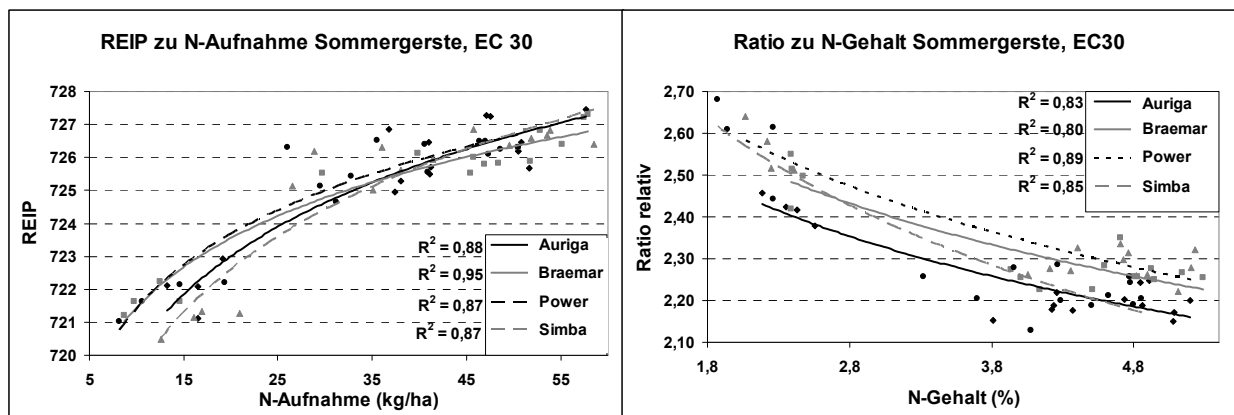


Abb. 1: Regression REIP zu N-Aufnahme Abb. 2: Regression Ratio zu N-Gehalt

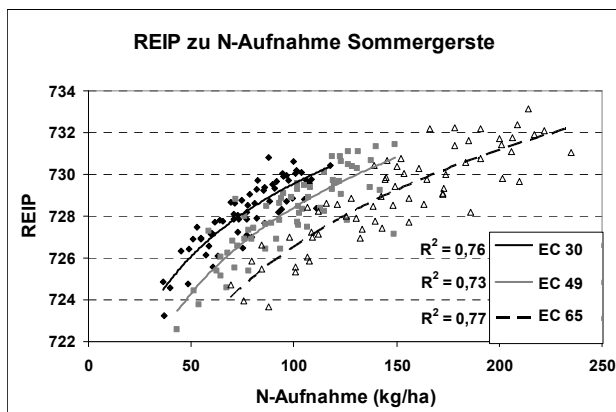


Abb. 3: Beziehung zwischen REIP und N-Aufnahme von Sommergerste zu verschiedenen Entwicklungsstadien

Ausblick:

Durch Messung der laserinduzierten Chlorophyllfluoreszenz wie auch mit reflexionsoptischen Methoden lässt sich der Stickstoffstatus von Sommerbraugerstensorten enorm rasch sehr gut beschreiben. Um diese Erkenntnisse für die Düngung nutzen zu können sind nun Untersuchungen zwischen N-Aufnahme zu verschiedenen EC-Stadien und Ertrags- sowie Proteinbildung notwendig.

Literatur

Destatis 2009: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2008/05/PD08__192__412.psmi, Zugriff 26.06.2009

Vorkommen von Phenolsäuren in alten Weizenarten

Nadine Engert & Bernd Honermeier

Einleitung

Den Phenolsäuren, die zu den sekundären Pflanzenstoffen zählen, werden gesundheitsrelevante Effekte zugeschrieben (Serpen et al. 2008). Sie kommen nicht nur in Obst und Gemüse, sondern auch in den Karyopsen der Getreidearten vor. Das Phenolsäureprofil unterliegt im Getreide einer großen Variationsbreite und kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden (Mpofu et al. 2006). Neben Einflüssen durch die Art der Vermahlung sowie durch die weitere Verarbeitung der Mehle sind auch Arten- und Sortenunterschiede zu vermuten. Darüber hinaus ist der Umstand von Bedeutung, dass Phenolsäuren nicht nur ernährungsphysiologische Effekte, sondern auch funktionelle Eigenschaften (z. B. für die Teigbildung von Getreidemehlen) besitzen. Die Kenntnis der Phenolsäuregehalte der Getreidearten könnte somit zum besseren Verständnis über die Verwendung und Wirkung von Getreideprodukten beitragen. Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, die Konzentration und Zusammensetzung von Phenolsäuren von Weizen (*Triticum aestivum* L.) im Vergleich mit alten Weizenarten zu analysieren.

Material und Methoden

Untersucht wurden Proben aus einem Feldversuch (*Triticum*-Sortiment mit 20 Prüfgliedern, keine Wiederholung), der im Jahr 2006 in der Versuchsstation Gießen durchgeführt wurde. Es wurden 20 Proben (mit 2 chemischen Wiederholungen) analysiert, die folgende Weizen-Arten repräsentieren: *T. boeoticum* (diploid, 2 Herkünfte), *T. monococcum* (diploid, 1 Herkunft), *T. dicoccum* (tetraploid, 3 Herkünfte), *T. timopheevi* (tetraploid, 1 Herkunft), *T. turgidum* (tetraploid, 3 Herkünfte), *T. aestivum* ssp. *spelta* (hexaploid, 3 Sorten) und *T. aestivum* ssp. *compactum* (hexaploid, 3 Herkünfte), *T. aestivum* ssp. *aestivum* (hexaploid, 4 Sorten). Die Kornproben wurden vermahlen (Vollkornmehl), in Anlehnung an Adom & Liu (2002) sowie Krygier et al. (1982) extrahiert und mit einer HPLC nach einer modifizierten Methode von Zielinski et al. (2001) analysiert. Eine ausführliche Beschreibung der angewendeten Methoden ist im Tagungsband der DGQ 2009 beschrieben (Engert et al. 2009).

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den untersuchten 20 Proben ist eine hohe Variation der Konzentration an Gesamtphenolsäuren sowie der Anteile einzelner Phenolsäuren zu beobachten. Die Konzentrationen der Gesamtphenolsäuren variieren bei den einzelnen *Triticum*-Arten bzw. -Herkünften von min. 130 bis max. 540 µg Gallussäureäquivalente (GAE)/g. Es wurden mit der angewendeten HPLC-Methode insgesamt sechs Phenolsäuren detektiert: Vanillinsäure, Syringasäure, Kaffeesäure, p-Coumarsäure, Ferulasäure und die Sinapinsäure. Zusammengefasst nehmen diese Phenolsäuren im Getreide im Mittel nur einen Anteil von 13,4 % der Gesamtphenole (Summe aller Verbindungen mit phenolischer Struktur) ein.

Phenolsäuren liegen in den Getreidekaryopsen in unterschiedlicher räumlicher Verteilung und Bindungsform vor. So können drei Fraktionen unterschieden werden: Fraktion 1: freie Phenolsäuren, Fraktion 2: freie veresterte Phenolsäuren und Fraktion 3: zellwandgebundene Phenolsäuren (s. Abb. 1). Innerhalb der Phenolsäuren besteht mit 70 % der Gesamtphenolsäuren ein Übergewicht an zellwandveresterten Phenolsäuren (Fraktion 3). Deutlich geringer sind die Anteile an freien veresterten (23 %) und an freien Phenolsäuren (7 %) (s. Abb. 1).

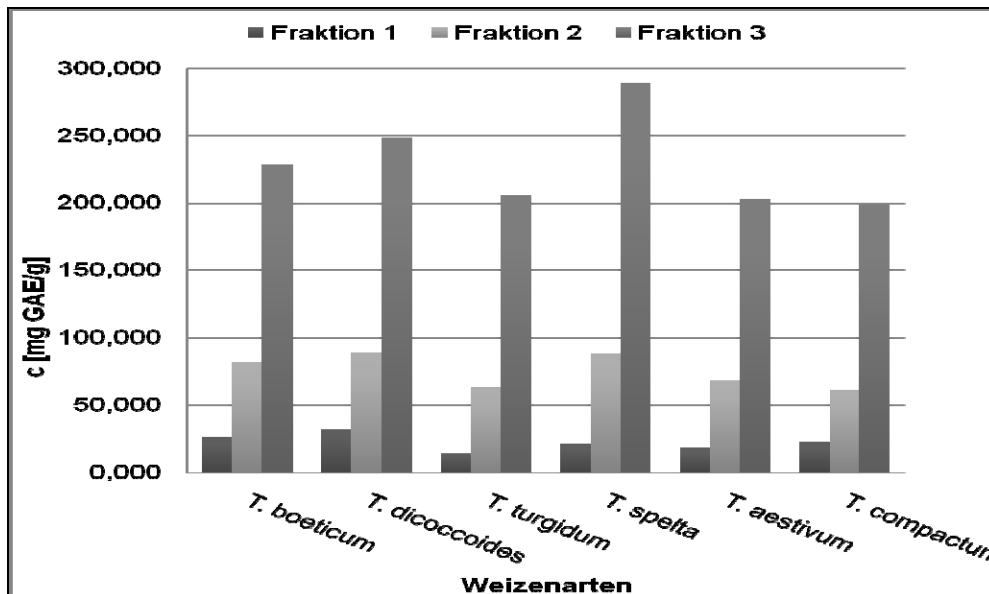


Abb. 1: Konzentration an Gesamtphenolsäuren in alten Weizenarten, differenziert nach Fraktionen, Gießen 2006

Innerhalb der Fraktionen liegen die Gesamtphenolsäuregehalte in der Spanne von 14 bis 32 μg GAE/g (Fraktion 1), 61 bis 88 μg GAE/g (Fraktion 2) bzw. 200 bis 290 μg GAE/g (Fraktion 3). Die Proben von *T. dicocum* wiesen die höchsten Anteile an freien Phenolsäuren (Fraktion 1) und an freien veresterten Phenolsäuren auf. Den höchsten Anteil an zellwandgebundenen Phenolsäuren wurden in *T. aestivum* ssp. *spelta* gefunden (s. Abb. 1). Ferulasäure stellt mit einem Anteil von 66 % (4298 μg GAE/g) die dominierende Phenolsäure innerhalb der Gesamtphenolsäuren dar.

Literatur

- Adom, K. and R. Liu 2002: Antioxidant activity of grains. *J Agric Food Chem* 50: 6182-6187.
- Engert, N.; R. Pätzold und B. Honermeier 2009: Phenolsäuren in alten Weizenarten (*Triticum* sp.) – Vorstellung der Methode und erste Ergebnisse. Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung, 44. Vortragstagung 16.–17. März, Tagungsband 58-60.
- Krygier, K.; F. Sosulski and L. Hogge 1982: Free, Esterified, and Insoluble-Bound Phenolic Acids. 1. Extraction and Purification Procedure. *J Agric Food Chem* 30: 330-334.
- Mpofu, A.; H.D. Sapirstein and T. Beta 2006: Genotype and Environmental Variation in Phenolic Content, Phenolic Acid Composition, and Antioxidant Activity of Hard Spring Wheat. *J. Agric. Food Chem.* 54: 1265-1270.
- Serpen, A.; V Gökmen; A Karagöz and H. Köksel 2008: Phytochemical Quantification and Total Antioxidant Capacities of Emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and Einkorn (*Triticum monococcum* L.) Wheat Landraces. *J. Agric. Food Chem.* 56: 7285-7292.
- Zielinski, H.; H. Kozłowska and B. Lewczuk 2001: Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2: 159–169.

Acrylamid – Gesundheitsgefährdung durch erhitzte Süßkartoffeln (*Ipomoea batatas*)

Falko Stockmann, J. Kfenti, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

Einleitung

Acrylamid (AA) wird innerhalb der Maillardreaktion aus den Vorstufen freies Asparagin (Asn) und reduzierende Zucker gebildet (Stadler et al., 2002). Im Hauptfokus der Forschung standen bisher Kartoffeln und Getreide, welches vielfältige Studien bez. Einfluss der Art, der Sorte, der N-Düngung und den klimatischen Bedingungen zeigen. Bei stark erhitzten Kartoffelprodukten wie z. B. Chips und Pommes frites sind die Gehalte an AA besonders hoch. Hierbei zeigte sich, dass die limitierende Vorstufe bei der AA-Bildung der Anteil an reduzierenden Zuckern ist (Becalski et al., 2004). Bedenkt man, dass Süßkartoffeln im Vergleich zu Kartoffeln einen höheren Anteil an reduzierenden Zuckern aufweisen, muss angenommen werden, dass auch der AA-Gehalt in den Kartoffelprodukten stark erhöht ist. In Ländern wie Afrika, wo die Süßkartoffel weit verbreitet ist, wird sie hauptsächlich frittiert und gebacken, was sie somit einerseits für längere Zeit haltbar macht, aber andererseits gleichzeitig potenzielle Quelle der AA-Bildung ist.

Ziel der Studie war, das Potenzial verschiedener Süßkartoffelsorten auf die AA-Bildung aus selbst hergestellten Chips sowie erhitztem Kartoffelpulver zu untersuchen.

Material und Methoden

Fünf Süßkartoffelsorten (Green Caroline, Sweet Caroline, Purple, Bronze und Buntblättrig), welche vom Institut für Gartenbau der Uni. Hohenheim stammten, wurden in einer randomisierten Blockanlage mit drei Wiederholungen unter kontrollierten Bedingungen in einem Gefäßversuch angebaut. Nach Anzucht im Gewächshaus im Januar 2008 und einer ersten Startdüngergabe (120 mg Mg, 130 mg Ca, 250 mg K, 125 mg P und 133 mg N) am 15. und 16. April wurden die Pflanzen am 15. Mai in ein Gemisch aus Parabraunerde und Sand im Verhältnis 1:1 in 50-Liter-Töpfe umgetopft. Der Abstand der dann im Freiland randomisiert angeordneten Töpfe betrug 0,4 m zu 0,6 m. Zwischen den Wiederholungen lag ein Abstand von 0,8 m. An jeder Süßkartoffelsorte wurde außerdem der Einfluss einer variierten Stickstoffdüngung auf Vorstufen von AA gemessen. Dafür wurden die Düngestufen 0 kg N ha⁻¹, 50 kg N ha⁻¹, 100 kg N ha⁻¹ und 200 kg N ha⁻¹ zu jeder Sorte, kurz nach Etablierung im Freiland, als Ammoniumnitrat gegeben. Zusätzlich wurden die Salze K₂SO₄, MgSO₄, CaSO₄ und KH₂PO₄ analog zur Startdüngergabe verabreicht. Zur Simulation für ökologisch angebaute Süßkartoffeln wurde Horngras analog zur konventionellen 100 kg N ha⁻¹ Gabe verabreicht. Nach der Ernte am 29. September fand die Analyse der Kartoffeln auf Anzahl, Gewicht, Durchmesser und oberirdischer Biomasse statt. Im Anschluss an die Gefriertrocknung eines Teils der Kartoffeln erfolgte die Untersuchung auf reduzierende Zucker, Rohprotein, freies Asn und nach Hitzebehandlung des Kartoffelpulvers auf den entstandenen AA-Gehalt. Zum Vergleich mit Marktprodukten wurde der AA-Gehalt in selbst produzierten Kartoffelchips analysiert. Hierzu frittierte man die Kartoffelscheiben in Pflanzenöl (173 °C, 4 Minuten). Das entstandene AA des Pulvers und der Chips wurde nach dem Prüfverfahren des Chemischen Veterinär- und Untersuchungsamtes Stuttgart mittels LC-MS-MS gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigten, dass die AA-Gehalte des erhitzten Kartoffelpulvers weit über dem Signalwert ($1000 \mu\text{g kg}^{-1}$) des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit lagen. Es wurden Gehalte bis zu $57.000 \mu\text{g kg}^{-1}$ (Sorte Bronze, Abb. 1) gemessen, was verglichen mit dem Signalwert, der die erlaubte Höchstmenge darstellt, eine Steigerung um das 57-fache darstellte. Auch bei den unter praxisnahen Bedingungen hergestellten Chips wurden Werte gemessen, die eine ernsthafte Gesundheitsgefährdung vermuten lassen. Sie lagen teilweise bei $18.900 \mu\text{g kg}^{-1}$ (Sorte Bronze, nicht dargestellt). Abb. 2 zeigt Acrylamidwerte der Chips als Mittel der N-Düngestufen bei der Sorte Sweet Carolina. Die signifikanten Unterschiede sowohl in Abb. 1 und 2 lassen somit einen Einfluss von Sorte und gestaffelter N-Düngung auf entstehende AA-Werte erkennen. Bei Betrachtung der Korrelationen der Vorstufen mit dem sich gebildeten AA (nicht dargestellt) konnten Zusammenhänge, wie sie bei normalen Kartoffeln gefunden wurden, nicht bestätigt werden. So zeigte sich keine Beziehung der reduzierenden Zucker zu den gemessenen AA-Werten. Freies Asn hingegen zeigte mit $R^2=0,40^{***}$ einen etwaigen Zusammenhang, der über die gesteigerte N-Düngung erklärt werden kann, da sich auch der Level von freiem Asn durch das N-Niveau änderte. Allerdings wurde dies nur bei der Beziehung AA von erhitztem Pulver mit freiem Asn, nicht aber bei AA von Chips mit freiem Asn analysiert. Hier konnte kein Zusammenhang erkannt werden.

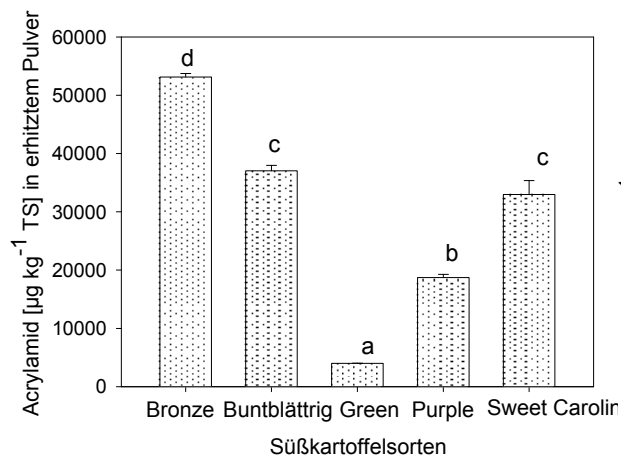


Abb. 1: Acrylamidgehalt [$\mu\text{g kg}^{-1}$ TS] von erhitztem Kartoffelpulver als Mittel der Sorten der Düngestufe 200 kg ha^{-1} . Gleiche Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($\alpha \leq 0,05$, Tukey Test).

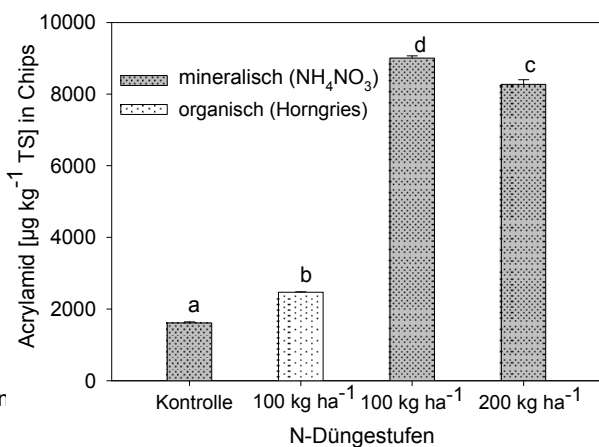


Abb. 2: Acrylamidgehalt [$\mu\text{g kg}^{-1}$ TS] von Chips als Mittel der N-Düngestufen der Sorte Sweet Caroline. Gleiche Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($\alpha \leq 0,05$, Tukey Test).

Durch den Fund sehr hoher AA-Gehalte in den erhitzten Süßkartoffelprodukten zeigt sich, dass dies eine ernstzunehmende Thematik darstellt und hier vermehrter Forschungsbedarf besteht. Auch die Tatsache, dass altbekannte Zusammenhänge mit AA-Vorstufen nicht bestätigt werden konnten, erfordert weitere Studien.

Literatur

- Stadler R. H.; I. Blank; N. Varga; F. Robert; J. Hau; P.A. Guy; M.C. Robert und S. Riediker 2002: Acrylamide from Maillard Reaction Products. *Nature* 419: 449-450.
- Becalski, A.; B.P.Y. Lau; D. Lewis; S.W. Seaman; S. Hayward; M. Sahagian; M. Ramesh und Y. Leclerc 2004: Acrylamide in French Fries: Influence of free aminoacids and sugars. *J. Agr. Food Chem.* 52, 3801-3806.

Ertragsschätzung und Erträge in der ersten Rotation bei Pappel im Kurzumtrieb

Claudia Zeitlhofer, Gottfried Diwold*, Eduard Hochbichler*, Josef Schweinberger** & Peter Liebhard

Einleitung

Bei Hackgut und Industrieholz wird eine jährliche Bedarfserhöhung von ca. 3% erwartet und daher wird zukünftig neben einer Erhöhung der Erntemengen in der Forstwirtschaft auch eine Aufbringung auf Kurzumtriebsflächen erforderlich. Trotz der höheren Holzeinschlagung und deutlichen Erhöhung der Erntefestmetermengen kann der stark steigende Bedarf der Sägeindustrie, der Zellstoff-, Papier- und vor allem der Plattenindustrie sowie der Biomassekraftwärmanlagen, der Heizwerke, der Pelletserzeugung und der für die Hackgutheizungen benötigte Holzeinschlag alleine aus der Forstwirtschaft nicht mehr gedeckt werden.

In vielen EU-Mitgliedsländern gibt es in der Landwirtschaft eine Überproduktion. Als ökonomische und ökologische Alternative zu herkömmlichen landwirtschaftlichen Kulturen bzw. zu Flächenstilllegungen sollen auf geeigneten Flächen Hackgut und Holz im Kurzumtrieb produziert werden.

Wesentliche Ziele der Holz- und Hackgutproduktion im Kurzumtrieb sind eine überwiegend handarbeitsfreie Produktionstechnik, stabile Erträge mit hoher Qualität bei geringen Kosten. Weiters soll eine maximale Nutzung der jährlich eingestrahlteten Sonnenenergie bei Sicherung der Nachhaltigkeit des Bodens und Schonung der Umwelt erfolgen.

Für die Festlegung eines optimalen Erntezeitpunktes (technische Rahmenbedingungen bei der Ernte) ist eine einfache, möglichst genau Ertragseinschätzung der vorhandenen Biomasse sinnvoll und erforderlich. Nach derzeitigem Stand der Technik ist eine vollautomatische Ernte nur bis zu einem maximalen D10 (Durchmesser in 10 cm Höhe) von 15 cm möglich.

Zur Optimierung der Ertragsschätzung wurde basierend auf der allgemeinen Biomasseschätzfunktion eine klonspezifische Schätzfunktion entwickelt.

Material und Methoden

Die Versuchsfläche befindet sich östlich von Wien, am Salmhof, Versuchsgut der Probstdorfer Saatzucht, in der Gemeinde Marchegg, nahe an der Staatsgrenze zur Slowakei.

Im Frühjahr 2007 wurden acht verschiedene Pappelklone auf einer Fläche von 1,07 ha in dreifacher Wiederholung ausgepflanzt. Dies erfolgte in Einzelreihe mit einem Reihenabstand von 3,0 m und einem Abstand in der Reihe von 0,58 m. Eine Parzelle besteht aus 3 Einzelreihen (Parzellenbreite 9,0 m) mit einer Länge von 20,0 m (180 m², Versuchsdesign: Liebhard, Hochbichler, Diwold). Die Standardaufnahme (D10 und Wuchshöhe) erfolgte im Dezember 2007 und im November 2008. Die Ernte der Pappel-Versuchsfläche fand am 18.11.2008, im einphasigen maschinellen Ernteverfahren mit einem Claas Jaguar Feldholzvollernter statt.

Für die Biomasseschätzfunktion wurde der D10 als unabhängige Variable zur Schätzung der Trockenmasse (TM) für die Einzel- und Bestandesdaten verwendet.

$TM \text{ (kg)} = a + b \cdot \ln D10 \text{ (cm)} \cdot C$ (Korrekturglied $C = e^{-SEE^2}$; Sprugel (1983))

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Univ.f. BOKU, Gregor-Mendel-Strasse 33, 1180 Wien

* Institut für Waldbau, Univ. f. BOKU, Gregor-Mendel-Strasse 33, 1180 Wien

** Probstdorfer Saatzucht, Gutsverwaltung Salmhof, 2293 Marchegg

Um eine klonspezifische Biomassefunktion für acht Pappelklone (derzeit in Niederösterreich am häufigsten ausgepflanzt – hohe Ertragserwartung) zu erhalten, wurden jeweils 12 Bäumchen (D10 zwischen 1 bis 12 cm) händisch gefällt und in Kompartimentklassen (Durchmesserklassen) getrennt, gewogen, der Wassergehalt bestimmt und das spezifische Gewicht (absolute Trockenmasse - atro) für jedes Bäumchen (Klon) mit dem dazugehörigen D10 ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die allgemeine Biomassefunktion für Pappel ist zum Großteil auf Ertragsdaten von alten Pappelklonen zurückzuführen. Dadurch wurden bei der Biomasse Ertragsschätzung vor allem die neuen Klone (italienische Herkunft), welche ein geringeres spezifisches Gewicht aufweisen, hinsichtlich der Erträge überschätzt.

Durch die klonspezifische Biomassefunktion kann die Schätzung des Biomasseertrages für die acht untersuchten Pappelklone wesentlich genauer erfolgen. Die Abweichungen der Schätzfunktion zu den tatsächlich ermittelten Erträgen bei der Ernte liegen im Bereich von +/- 6,4 % (Abb. 1).

Entgegen der Erwartungen erbrachte Monviso im Vergleich zu den Klonen italienischer Herkunft, wie AF 2 und AF 8, hohe Erträge. Der bereits seit drei Jahrzehnten verwendete Max-Klon war in der Ertragsleistung, unter den vorgegebenen Bedingungen, den neuen Klonen etwa gleichwertig.

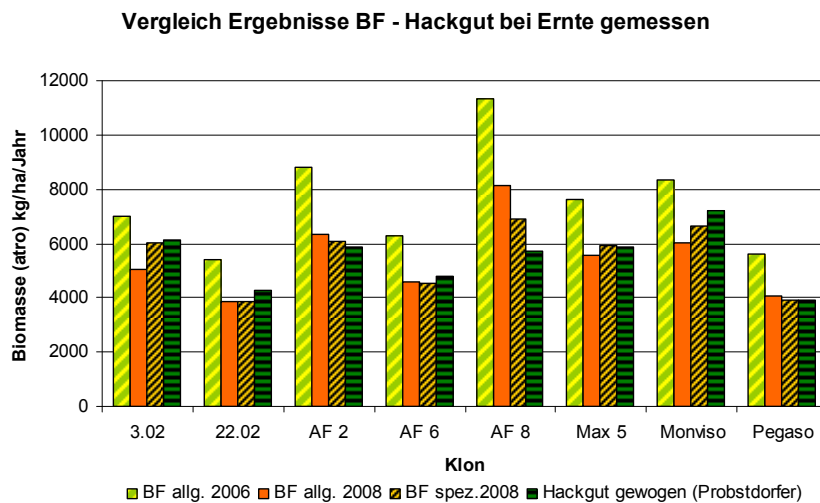


Abb. 1: Vergleich Biomasseschätzfunktion (BF) allgemein (2006 und 2008), klonspezifisch und Hackgutertrag bei der Ernte – Versuchsfläche Salmhof, Marchegg

Durch eine klonspezifische Biomassefunktion kann der Ertrag bei der Holzproduktion im Kurzumtrieb für die einzelnen Pappelklone mit hoher Genauigkeit geschätzt werden. Dies ist nicht nur für den zu erwartenden Ertrag, sondern auch für die Festlegung des optimalen Erntezeitpunktes und der möglichen Erntetechnik, des Lagerraumbedarfes, einer eventuellen Trocknung des Erntegutes von großer Bedeutung, was sich vorteilhaft auf die gesamte Logistik auswirkt.

Für hohe Erträge und ein kostengünstiges Ernteverfahren sind homogene Flächen, mit einer möglichst geringen Spanne zwischen mittlerem und maximalem D10 der Stämme und eine, von der Verwertung des Erntegutes vorgegebene optimale Umtriebszeit, von Bedeutung.

Einfluss des Schnittzeitpunkts von Grünland auf die energetische Verwertung mittels Integrierter Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB)

Felix Richter, Dragomir Zahariev, Thomas Fricke & Michael Wachendorf

Einleitung

Bei der energetischen Verwertung von Dauergrünlandbiomasse stellt sich die Frage nach dem optimalen Nutzungszeitpunkt im Spannungsfeld von naturschutzfachlichen und pflanzenbaulichen Gesichtspunkten. Mit dem IFBB-Verfahren (Graß et al. 2009; Wachendorf et al. 2009) steht eine Konversionstechnik zur Verfügung, die auch aus spät geernteter Biomasse extensivierter Grünlandstandorte, die weder für die intensive Tierproduktion noch für herkömmliche Bioenergieverfahren (Verbrennung, Ganzpflanzenvergärung) geeignet ist, mit hoher Effizienz Energie in Form von Strom (aus Biogas) und Wärme (aus qualitativ hochwertigen Grünlandpellets) produziert (Richter et al. 2009). Ziel dieser Studie war es, den Einfluss der (i) Alterung eines Grünlandbestandes und der (ii) Konditionierungstemperatur im IFBB-Verfahren auf die Qualität des Presssaftes als Biogassubstrat und des Presskuchens als Festbrennstoff zu ermitteln.

Material und Methoden

Eine Glatthaferwiese im nordhessischen Mittelgebirgsland wurde im Zeitraum vom 27.04.-21.06.2007 an acht aufeinander folgenden Terminen beerntet und die Biomasse als Silage konserviert. Im Rahmen der IFBB-Konversion fand eine hydrothermale Konditionierung jeder Silage mit Wasser im Massenverhältnis 1:4 (Silage:Wasser) in fünf Temperaturvarianten (10°C, 30°C, 50°C, 70°C, 90°C) und eine anschließende mechanische Entwässerung mit einer Schneckenpresse statt. Eine 6. Variante wurde direkt, ohne Konditionierung, mechanisch entwässert. Die Methanausbeuten der durch die Entwässerung entstandenen Presssäfte (PS) wurden in Batch-Experimenten bei einer Temperatur von 37°C und einer Vergärungsdauer von 13 Tagen bestimmt. Die Brennstoffqualität der Presskuchen (PK) wurde im Vergleich zu ihrem Ausgangsmaterial (AM), der Silage, anhand ausgewählter Parameter bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der anaeroben Vergärung der Presssäfte erfolgte die Methanproduktion überwiegend (ca. 90 %) in den ersten fünf Tagen, nahm dann rapide ab und war ab dem achten Tag vernachlässigbar klein. Gemittelt über alle Konditionierungsvarianten zeigte sich ein Trend hin zu höheren spezifischen Methanausbeuten bei den Presssäften aus Silagen späterer Erntetermine (Abb. 1a). Die mittlere Methanausbeute lag am 8. Erntetermin (22.06.2007) mit 410 Normlitern (NL) kg⁻¹ organische Trockensubstanz (oTS) um 92 NL kg⁻¹ oTS höher als am 1. Erntetermin (27.04.2007). Gemittelt über alle Erntetermine erzielten die Presssäfte ohne vorherige Konditionierung (397 NL kg⁻¹ oTS) und nach einer Konditionierung bei 50°C (377 NL kg⁻¹ oTS) die höchsten Methanausbeuten (Abb. 1b). Insgesamt lagen die Methanausbeuten deutlich höher als bei Vergärung von Ganzpflanzensilage aus Grünlandbiomasse extensiver Standorte (158-268 NL kg⁻¹ oTS; Richter et al., 2009).

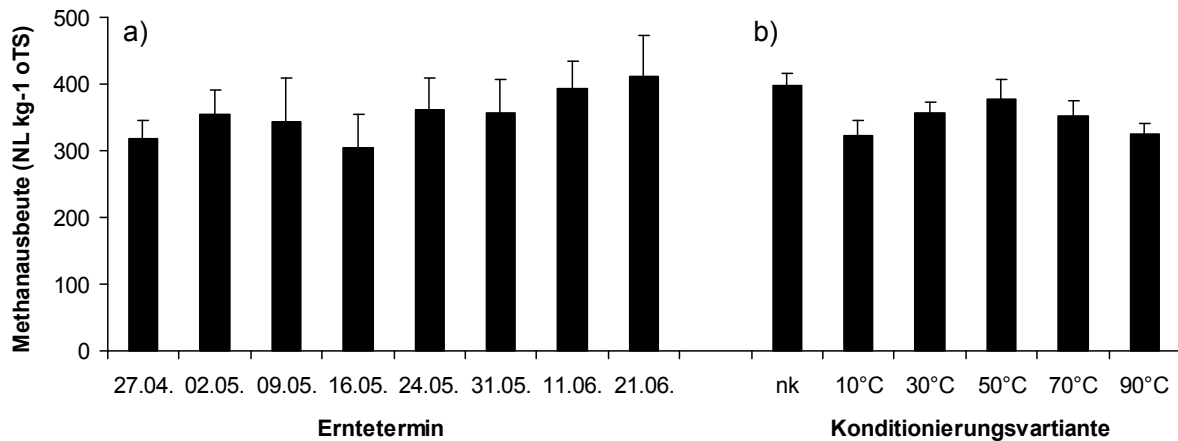


Abb. 1: Methanausbeuten der Presssäfte als Mittelwerte a) der jeweiligen Erntetermine und b) der verschiedenen Konditionierungsvarianten (nk = nicht konditioniert).

Die TS-Gehalte der Presskuchen lagen nach der mechanischen Entwässerung im Mittel aller Erntetermine und Konditionierungsvarianten bei 42 %, die TS-Gehalte der Silagen vor der Entwässerung bei 28 %. Die Aschegehalte der konditionierten Presskuchen waren im Vergleich zu ihrem Ausgangsmaterial, den Silagen, deutlich reduziert, was zu einer Verbesserung der Brennstoffqualität führte (Abb. 2). Diese Reduktion war bei allen konditionierten Varianten vergleichbar und lag zwischen 46 und 48%. Bei der nicht konditionierten Variante betrug die Minderung nur 19 %.

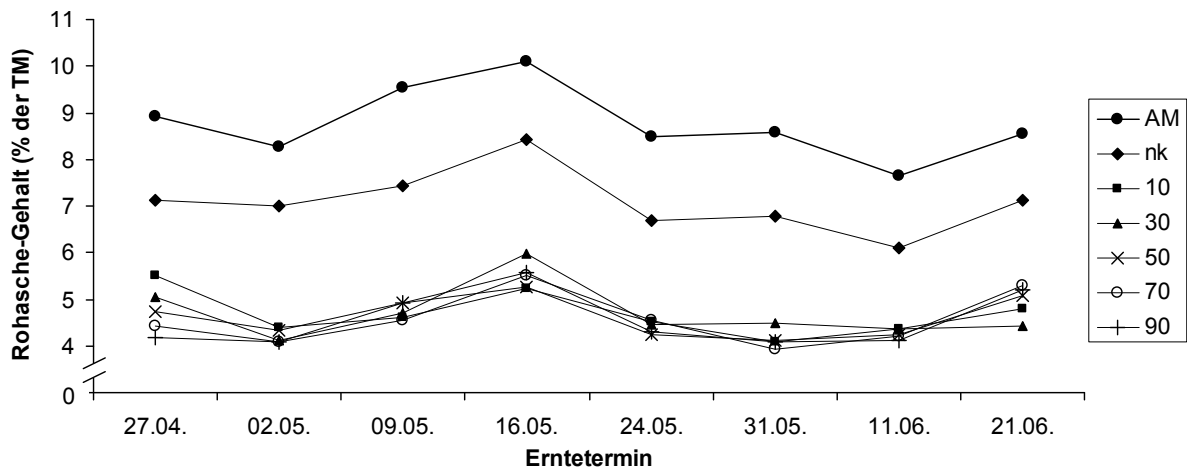


Abb. 2: Rohaschegehalte der Presskuchen und des Ausgangsmaterials (AM) bei unterschiedlichen Konditionierungstemperaturen (nk = nicht konditioniert) und zu unterschiedlichen Ernteterminen.

Literatur

- Graß R.; J. Reulein; K. Scheffer; R. Stülpnagel und M. Wachendorf M. 2008: Die integrierte Biogas- und Festbrennstoffherzeugung aus Ganzpflanzensilagen. Berichte über Landwirtschaft, 87: 43-64.
- Richter, F.; S. Kuschnerer; R. Graß; T. Fricke und M. Wachendorf 2009: Erhalt ökologisch wertvoller Grünlandstandorte durch eine Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB-Verfahren) In: Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, 11-13 February 2009.
- Wachendorf M.; F. Richter; T. Fricke; R. Graß und R. Neff 2009: Utilisation of semi-natural grassland through an integrated generation of solid fuel and biogas from biomass I: Effects of hydrothermic conditioning and mechanical dehydration on mass flows of organic and mineral plant compounds and nutrient balances. Grass and Forage Science 64: 132-143.

Strohnutzung für energetische Zwecke – Möglichkeiten und Grenzen

Martin Gauder, Simone Graeff-Hönninger & Wilhelm Claupein

Einleitung

Im Rahmen der Forschung an regenerativen Energiequellen werden Kuppelprodukte aus der Landwirtschaft als ökonomisch günstige Rohstoffquellen diskutiert. Das mengenmäßig wichtigste Kuppelprodukt, welches einer energetischen Verwertung dienen kann, ist das Getreidestroh. Die Nutzung des Strohs beschränkt sich jedoch traditionell zum großen Teil auf den Einsatz in der Tierhaltung als Futter und Einstreumaterial. Da das Strohaufkommen in den letzten 50 Jahren angestiegen, im gleichen Zeitraum der Bedarf aus der Tierhaltung stark zurückgegangen ist, stellt sich die Frage, ob signifikante Mengen an Stroh der energetischen Verwertung zugeführt werden können, ohne das Ertragspotential und langfristig die Bodenfruchtbarkeit der Ackerböden zu gefährden. Um dieser Frage nachzugehen, wurde, bezogen auf das Bundesland Baden-Württemberg, eine Berechnung der Humusbilanzen der Ackerböden in allen Gemeinden durchgeführt. Auf Grundlage dieser Humusbilanzen und dem Bedarf durch die Tierhaltung wurde eine Ableitung des mengenmäßigen Aufkommens und der räumlichen Verteilung des nutzbaren Strohs erstellt.

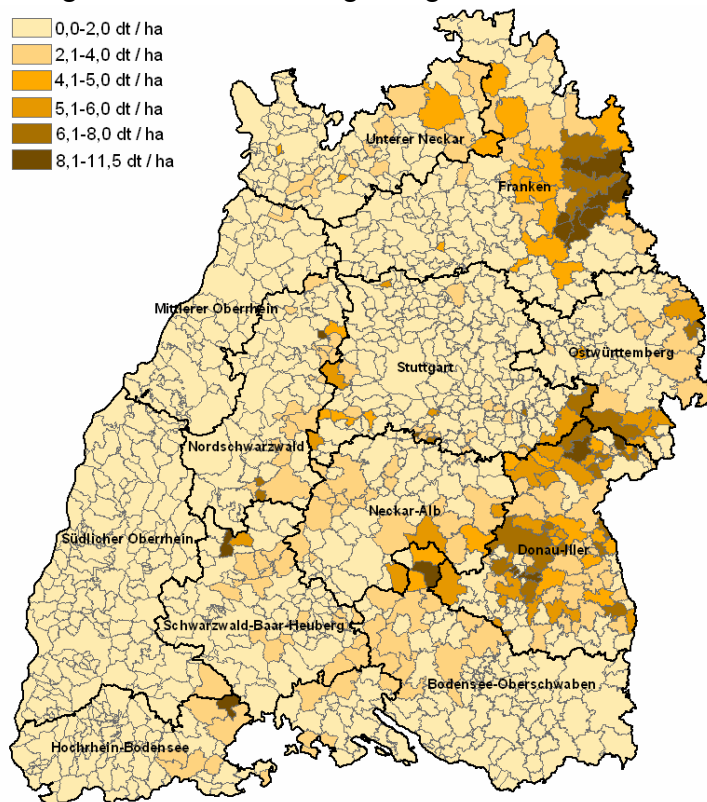
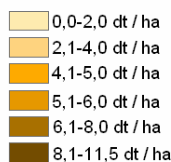
Material und Methoden

Der Umfang des Anbaus der Feldfrüchte auf dem Ackerland sowie die Statistiken der Tierhaltung wurden den allgemeinen Agrarstrukturerhebungen der Jahre 2003 und 2007 entnommen. Der Umfang der Kuppelprodukte wurde mittels der aktuellen Verhältnisse von Hauptprodukt zu Nebenprodukt und den mittleren Erträgen im Zeitraum von 2003 bis 2007 errechnet. Anfall von Wirtschaftsdüngern und Einstreubedarf wurden mit den Richtwerten der LfL Bayern ermittelt. Die Ausbringung der Wirtschaftsdünger auf Acker- sowie Grünland wurde den Berechnungen zugrunde gelegt. Mit den für jede Gemeinde ermittelten Werten wurde die Humuszehrung der Feldfrüchte auf Grundlage der oberen Werte der VDLUFA-Methode berechnet. Die oberen Werte wurden gewählt, da es sich in Untersuchungen gezeigt hat, dass es mit diesen Werten auch auf den humiden, umsetzungsaktiven Böden Süddeutschlands nicht zu einer Überschätzung der Humusbilanz kommt (Kolbe 2005). Dass für energetische Zwecke verfügbare Strohpotential wurde durch das Strohaufkommen in den Gemeinden bestimmt, von welchem der Bedarf in der Tierhaltung abgezogen wurde. In Gemeinden, die eine ausgeglichene oder negative Humusbilanz aufwiesen, wurde von keinem Strohpotential ausgegangen, da dieses zum Erhalt der Ertragsfähigkeit der Ackerböden nicht abgefahren werden sollte. In Gemeinden, in denen Stroh mengen, die nicht in der Tierhaltung benötigt werden, anfallen, wurde die Strohmenge welche abgefahren werden kann, ohne die Humusbilanz negativ werden zu lassen, als potentiell für energetische Zwecke verfügbar angenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Der Strohbedarf durch die Tierhaltung beträgt 24 % des Gesamtaufkommens in Baden-Württemberg von 2,4 Millionen t FM. Die Berechnung der Humusbilanz führte

zu dem Ergebnis, dass die Humusbilanz der Gemeinden in Baden-Württemberg im Mittel bei 11,1 HÄQ (kg Humus-C / ha*a) lag. In 59 % der Gemeinden wiesen die Ackerböden Salden zwischen -75 und 100 HÄQ auf, was als optimal hinsichtlich Ertragssicherheit bei geringem Stickstoffverlustisiko einzuordnen ist. In 16 % der Gemeinden wurde mit der Berechnung eine erhöhte Humusbilanz zwischen 101 und 300 HÄQ ermittelt. Für 7 % der Gemeinden wurde keine Humusbilanz ermittelt, da entweder keine Ackerfläche vorlag, oder aus Datenschutzgründen keine Daten verfügbar waren. 15 % der Gemeinden wiesen eine deutlich negative Bilanz zwischen -76 und -200 HÄQ auf. Bei 2 % der Gemeinden wurden sehr hohe beziehungsweise stark negative Salden von unter -200 und über 300 HÄQ festgestellt. Das für energetische Zwecke nutzbare Strohpotential, welches sich aus dem Aufkommen, abzüglich des Bedarfs in der Tierhaltung und den Restriktionen durch die Humusbilanz ergibt, belief sich in Baden-Württemberg auf 489.955 t FM. Dies entspricht 21 % des Strohaufkommens. In den Gemeinden muss die Verfügbarkeit des Stroh für energetische Zwecke individuell betrachtet werden, da die Berechnungen zeigen, dass bei einem Viertel aller Gemeinden kein Stroh für energetische Zwecke geborgen werden darf. Im Mittel aller Gemeinden mit Strohaufkommen könnten



14,7 % des Aufkommens für energetische Zwecke verwendet werden. Lediglich bei einem Viertel aller Gemeinden könnten 27 % bis 82 % des Stroh nachhaltig für die energetische oder stoffliche Nutzung verwendet werden. Das nutzbare Strohaufkommen war in den östlichen Regionen Baden-Württembergs am höchsten, da dort verschiedene begünstigende Faktoren zusammentreffen (Abb.1).

So ist zum einen die Ackerfläche an der Gesamtfläche der Gemeinden relativ hoch, zum anderen sind hohe Getreideanteile in den Fruchtfolgen eingebunden. Weiterhin werden durch die dort in größerem Umfang angesiedelten Schweinemastbetriebe relativ hohe Mengen an Wirtschaftsdüngern

Abb. 1: Aufkommen von energetisch nutzbarem Stroh in dt / ha Gemeindefläche

ausgebracht. Die für diese Abschätzung zugrunde gelegte Humusbilanzierung basiert lediglich auf den Bewirtschaftungsverhältnissen der Ackerflächen. Eine genauere Abschätzung in weiteren Arbeiten ist durch die Einbeziehung klimatischer und bodenkundlicher Faktoren möglich.

Literatur

Kolbe, H. 2005: Prüfung der VDLUFA-Bilanzierungsmethode für Humus durch langjährige Dauerversuche. Archives of Agronomy and Soil Science 51(2) 221-239.

Untersuchungen zur Eignung verschiedener Sorghumsorten und -stämme für die Biogasproduktion

Michael Gaudchau & Bernd Honermeier

Einleitung

Die Sorghumhirse (*Sorghum bicolor* L. Moench) ist als C4-Pflanze durch eine gute Trockentoleranz und eine hohe Kälteempfindlichkeit (insbesondere in der frühen Phase der Pflanzenentwicklung) gekennzeichnet (Staggenborg et al. 2008). Innerhalb der Art existiert eine große Vielfalt an Varietäten und Rassen mit verschiedenen Bastarden und intermediären Formen (Zeller 2000). Für die Nutzung der ganzen Pflanze (z. B. als Futter) werden neben der Sorghumhirse (*S. bicolor*) vor allem Sudangras (*S. sudanense*), Sudangras-Hybriden (*S. sudanense* x *S. sudanense*) oder Bastarde aus Sorghumhirse und Sudangras (*S. bicolor* x *S. sudanense*) verwendet (Zeller 2000). Aus der genetischen Vielfalt lassen sich auch große Unterschiede in morphologischen, agronomischen und Qualitätsmerkmalen ableiten.

Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, die Leistungsfähigkeit (TM-Ertrag, Biogas-Ertrag) eines Sortimentes von Sorghum (*S. bicolor*, *S. sudanense*) im Hinblick auf die Nutzung als Energiepflanze (Biogas) auf zwei Standorten mit unterschiedlichen Bodenverhältnissen zu prüfen.

Material und Methoden

Die einfaktoriellen Feldversuche wurden im Jahr 2008 jeweils auf einem Sandboden (Versuchsstation Groß-Gerau, Hessisches Ried, uS) und auf einem Lehmboden (Versuchsstation Gießen, Lahnaue, uL) durchgeführt. Die Versuchsböden wiesen eine normale Nährstoffversorgung (Zustandsstufe C) auf (Groß-Gerau: 9,24 mg P, 9,13 mg K, 3,0 mg K/100 g, pH 6,5). Die N-Düngung erfolgte bei einem Nmin-Gehalt von 24 kg/ha (Groß-Gerau) bzw. 35 kg/ha (Gießen) mit 120 kg N/ha (ASS) in einer Gabe zur Aussaat. Die Aussaat erfolgte in Groß-Gerau am 9. Mai und in Gießen am 8. 5. 2008. Mit der Aussaat wurde an beiden Standorten ein Pflanzenbestand von 25 Pflanzen/m² (Sorghum) bzw. 8 Pflanzen/m² (Mais) bei einer Reihenweite von 50 cm etabliert. Die Unkrautbekämpfung erfolgte mit dem Herbizid Gardo Gold (Terbuthylazin + S-Metolachlor) mit 2,0 (Gießen) bzw. 3,5 l/ha (Groß-Gerau) im Nachauflauf. Die Versuche wurden am 19. 8. 2008 (Groß-Gerau) bzw. am 9. 9. 2008 (Gießen) geerntet. Geprüft wurden insgesamt 10 Sorghumsorten bzw. -stämme im Vergleich mit der Maissorte Lucatoni (4 Wiederholungen). Bei den Sorghumsorten bzw. -stämmen handelte es sich entweder um *S. bicolor* (Supersile 15, 18, 20, KSH 5009, KSH 5015, KSH 6002, Branco und Maja) oder um Hybriden aus *S. bicolor* x *S. sudanense* (Sucrosorgho 506, Bovital) bzw. *S. bicolor* x *S. bicolor* (Goliath). Als Prüfmerkmale wurden erfasst: Bestandsparameter (Wuchshöhe, Entwicklungsverlauf), Biomasse-Ertrag, TS-Gehalt, Biogasausbeute und Qualität (NIRS). Die Biogasmessungen erfolgten in einem Laborfermenter (Batchversuch, mesophile Bedingungen, Fermentationsdauer: 21 Tage) in der Versuchsstation Rauschholzhäuser.

Ergebnisse und Diskussion

Entwicklungsunterschiede zwischen den Sorten wurden mit dem Termin des Fahnenschiebens bzw. des Blühbeginns sowie mit der TS-Konzentration der Biomasse ermittelt. Innerhalb des geprüften Sortiments stellt die Sorte Lussi (*S. bicolor* x *S. sudanense*) mit einer Entwicklungszeit (Aufgang bis Blühbeginn) von 69 Tagen und einem TS-Gehalt zur Ernte von 34,6 % die früheste Sorte dar. Eine ähnlich frühe Entwicklung wiesen Bovital (73 Tage; 27,2 % TS) und KSH 6303 (76 Tage; 31,1 % TS) auf. Die längste Entwicklung war bei Goliath (91 Tage; 26,7 % TS) und Sucrosorgho (91 Tage; 21,6 % TS) zu beobachten.

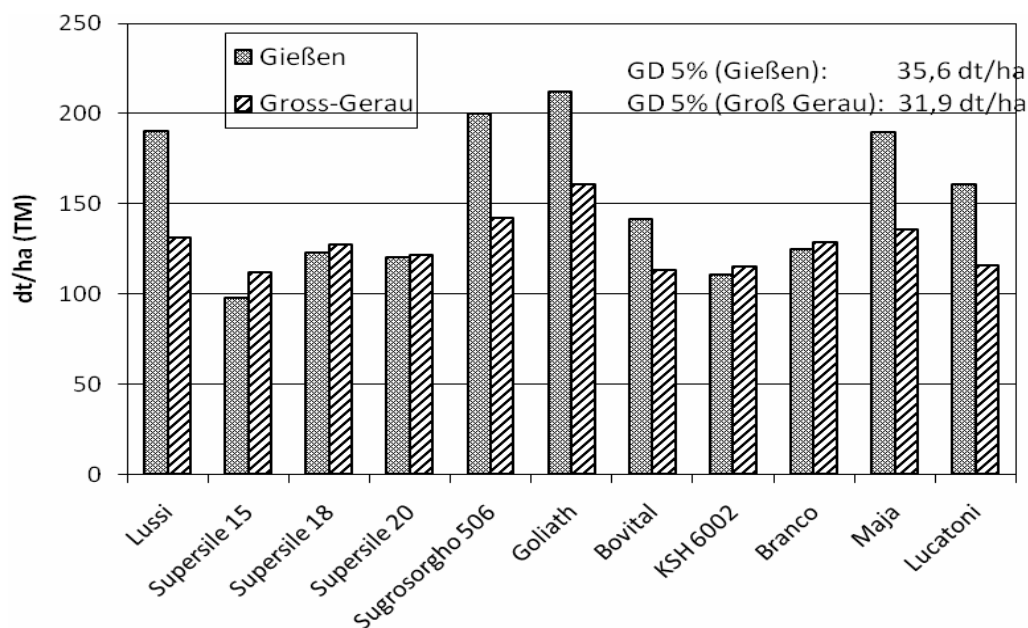


Abb. 1: TM-Erträge (dt/ha TM) verschiedener Sorghumsorten und -stämme, Gießen und Groß Gerau 2008

Auf dem Sandboden in Groß-Gerau wurde ein Ertragsniveau von 112,2 dt/ha (Supersile 15) bis 160,6 dt/ha TM (Goliath) erreicht, was deutlich niedriger war als auf dem Lehmboden in Gießen (97,9 dt/ha Supersile 15 vs. 211,8 dt/ha Goliath). Insgesamt 5 Sorghumsorten sowie die Maissorte Lucatoni reagierten sehr deutlich auf die Standortunterschiede. Dagegen erreichten die Sorten Supersile 15, 18, 20 sowie KSH 6002 und Branco an beiden Standorten die gleichen TM-Erträge, womit eine Genotyp-Umwelt (Boden)-Interaktion zum Ausdruck kommt.

Die Biogasausbeute von Sorghumhirse lag in der Spanne von 550 bis 600 l/kg TM. Es zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Sorten. Die Unterschiede zwischen den Sorten können zum Teil auf eine Änderung der Biomassestruktur (Masse-Verhältnis von Haupttrieben, Seitentrieben und Blättern) zurückgeführt werden.

Literatur

Staggenborg, S.A.; K.C. Dhuyvetter und W.B. Gordon 2008: Grain Sorghum and Corn Comparisons: Yield, Economic and Environmental Responses. *Agronomy J* 100: 1600-1604.

Zeller, F.J. 2000: Sorghumhirse (*Sorghum bicolor* L. Moench): Nutzung, Genetik, Züchtung, Die Bodenkultur, 51: 71-85.

Energie- und Emissionsbilanzierung der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB) ackerbaulicher Kulturen

Lutz Bühle, Reinhold Stülpnagel & Michael Wachendorf

Einleitung

Die Beurteilung von Bioenergieverfahren hinsichtlich ökologischer Parameter gerät zunehmend in den Blickpunkt der Diskussion. Eine Herausforderung für die Zukunft wird es sein, Verfahren zu entwickeln, die eine hohe Effizienz mit einer umweltverträglichen Produktionsweise vereinen. Ziel dieser Arbeit ist es, das Verfahren der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB; Graß et al., 2009) in der Anwendung auf die Verwertung von Roggen- und Maissilage im Rahmen einer Ökobilanz in seiner Gesamtheit zu betrachten. Dabei steht die Erstellung von Energie- und Emissionsbilanzen zur Beurteilung verschiedener Umweltwirkungen im Vordergrund. Als Vergleich wird zudem die Energiebereitstellung über den Weg der Ganzpflanzenvergärung (GPS) analysiert.

Material und Methoden

Die Bewertung der Bioenergieverfahren erfolgte gemäß den Grundsätzen der DIN EN ISO 14040 ff. für die Erstellung von Ökobilanzen. Dementsprechend schließt die Betrachtung die gesamte Prozesskette der Biomasseerzeugung einschließlich der Bereitstellung aller Betriebsmittel, die Konversion und Nutzung der Energieträger sowie die Verwertung der Reststoffe mit ein (Abb.1). Die Frage der Humusbilanzierung bleibt zunächst unberücksichtigt.

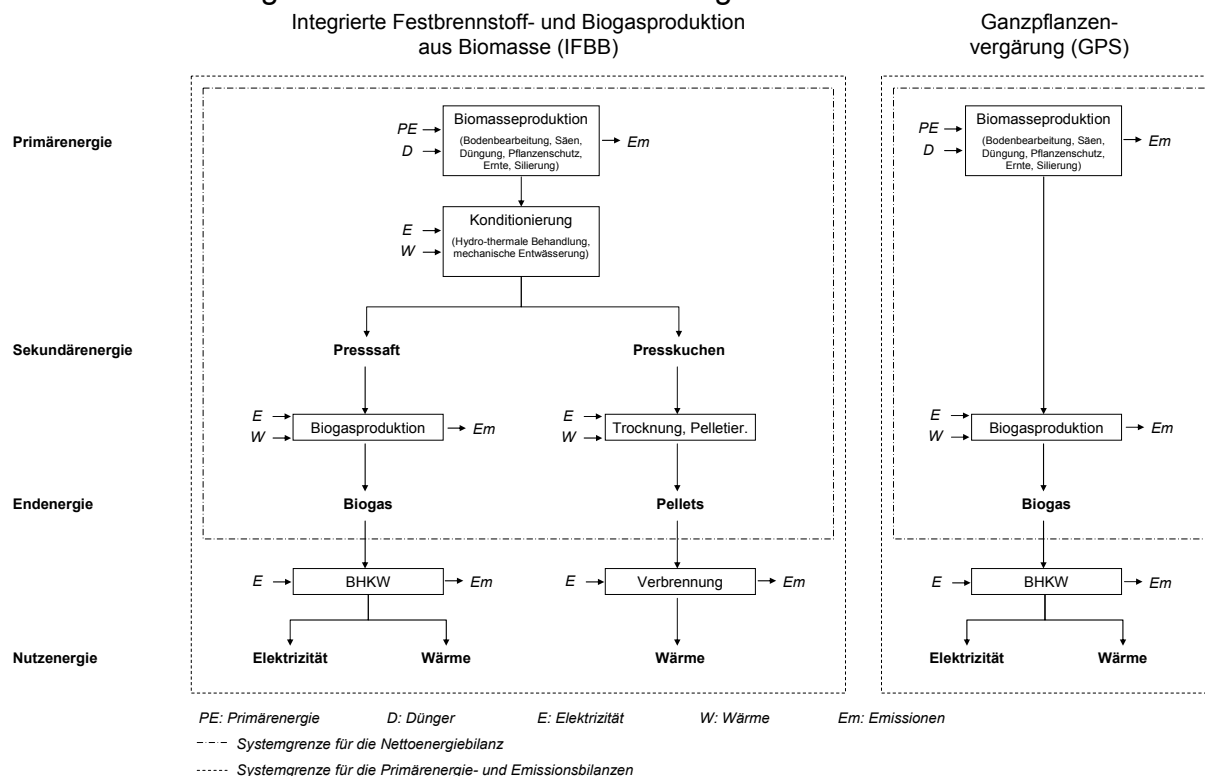


Abb. 1: Struktur und wesentliche Bilanzparameter des IFBB- und GPS-Verfahrens

Ergebnisse und Diskussion

Hinsichtlich der Nettoenergiebilanz (Abb. 2) zeigt das IFBB-Verfahren in allen Szenarien deutlich höhere Bruttoenergieerträge im Vergleich zur Konversion über die Ganzpflanzenvergärung. Die internen Energieverbräuche liegen in den IFBB-Szenarien deutlich über dem Eigenbedarf im GPS-Verfahren. Dennoch erzielt das IFBB-Verfahren generell höhere Nettoenergieproduktionen je Hektar.

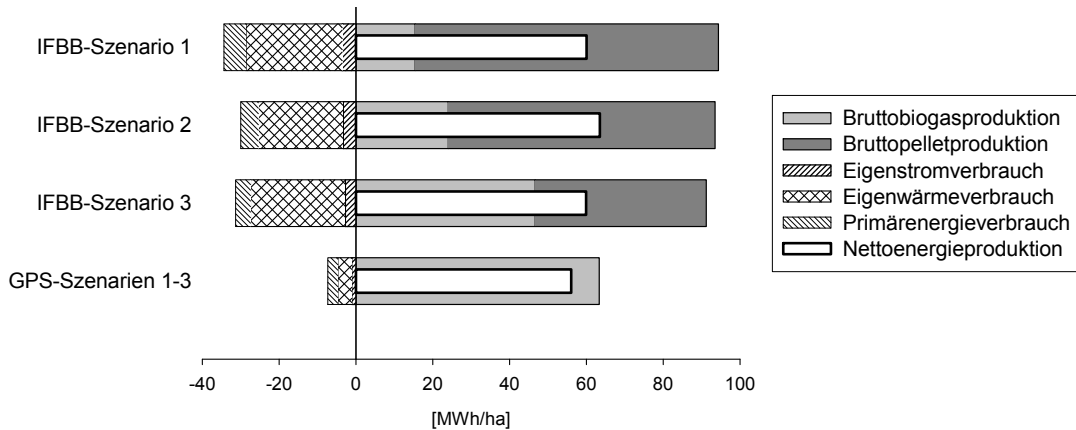


Abb. 2: Nettoenergiebilanz des IFBB- und GPS-Verfahrens

Die Bewertung der Einsparpotenziale an Treibhausgasen und fossiler Primärenergie (Abb. 3) zeigt, dass das GPS-Verfahren auf eine nahezu vollständige Wärmeverwertung (GPS-Szenario 3) angewiesen ist, um die Einspareffekte des IFBB-Verfahrens zu erzielen.

Zusammenfassend erweist sich das IFBB-Verfahren hinsichtlich der Energieeffizienz und ökologischer Parameter als vorzüglich. Die vorwiegend thermische Verwertung der Biomasse erlaubt zudem ein breites Spektrum an Energiepflanzen.

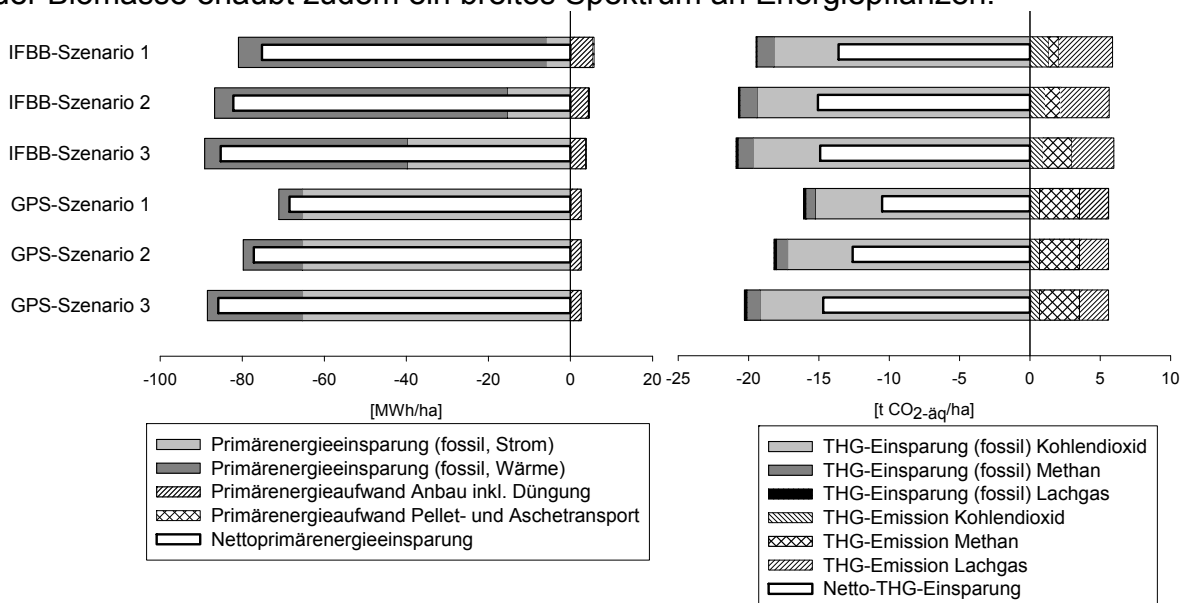


Abb. 3: Primärenergie- und CO₂-äq.-Bilanz des IFBB- und GPS-Verfahrens

Literatur

Graß, R.; J. Reulein; K. Scheffer; R. Stülpnagel und M. Wachendorf 2009: Die integrierte Biogas- und Festbrennstoffherzeugung aus Ganzpflanzensilagen. Berichte über Landwirtschaft, 87 (1).

Ammoniak-Emissionen nach Feldapplikation von Biogasgärresten – Messungen und Modellierung

Andreas Pacholski, Dirk Gericke & Henning Kage

Einleitung

Die dramatische Ausdehnung des Anbaus von Biomassekulturen für die Biogasproduktion in Deutschland hat den gleichzeitigen Anstieg der als organische N-Dünger auf die Ackerflächen ausgebrachten Mengen an Biogasgärresten zur Folge. Aufgrund ihrer hohen pH-Werte und NH_4^+ -Gehalte besitzen Biogasgärreste ein hohes NH_3 -Verflüchtigungspotenzial, welches gegebenenfalls eine starke Auswirkung der Düngung mit Biogasgärresten auf die deutsche NH_3 -Emissionsbilanz zur Folge haben kann. Es besteht daher ein dringender Bedarf, diese NH_3 -Verluste zu quantifizieren. Eine besondere Wissenslücke besteht bezüglich der NH_3 -Verluste aus monofermentierten Gärresten aus rein pflanzlichen Substraten (z. B. Maissilage). Neben der Bestimmung der NH_3 -Verflüchtigung sind die gleichzeitige Ermittlung der Produktivität der angebauten Bioenergiekulturen und z. B. die Quantifizierung der THG-Emissionen für die Bewertung der Klimaschutzpotenziale und weiterer Umwelteffekte verschiedener Bioenergiepfade von entscheidender Bedeutung. Solche simultanen Untersuchungen können aber nur in einem klassischen pflanzenbaulichen Versuch mit faktoriellem Design umgesetzt werden. Da Standardmethoden hier nicht anwendbar sind, wurde ein neuer Ansatz zur Messung der NH_3 -Verflüchtigung in Parzellenversuchen eingeführt. Darüber hinaus wurde ein deterministisches Simulationsmodell für die NH_3 -Verflüchtigung entwickelt, um eine umfassende Abschätzung von NH_3 -Verlusten nach Ausbringung von Biogasgärresten in den verschiedensten Anbaukonstellationen zu ermöglichen.

Material und Methoden

Die Messung der NH_3 -Verluste nach Feldausbringung von 2 Biogasgärresten (Monofermentation, Kofermentation) und 2 konventionellen GülLEN (Schwein, Rind) erfolgte in einem zweijährigen Feldversuch zur Untersuchung des N-Umsatzes und N-Nutzung in typischen norddeutschen Energiefruchtfolgen (Maismonokultur, Grünland, Fruchtfolge Mais Weizen-GPS). Die Versuchspartellen hatten eine Größe von 12 m x 12 m (144 m²). Die NH_3 -Emissionen aus diesen Versuchspartellen (n = 4 je Faktorkombination) wurden mit einem neuen Messansatz, der Dräger Scaling Method (DSM), einer Kombination einfacher NH_3 -Sampler (Standard Comparison Method, Vandr  & Kaupenjohann, 1998) mit einer kalibrierten dynamischen Kammermethode (Dräger Tube Method, Pacholski et al. 2006), bestimmt. Zur Absicherung der Messergebnisse in dem Parzellenversuch wurden simultan mit einer mikrometeorologischen Referenzmethode (bLM, Backward Lagrangian stochastic dispersion Method, Sommer et al. 2005) NH_3 -Verluste auf einer benachbarten Versuchsfeld mit den identischen D ngesubstraten und gleicher Bodenbedeckung ermittelt (42 m x 42 m, 1764 m²). Die Güllen wurden mit Schleppschl uchen ausgebracht. Das entwickelte NH_3 -Verfl chtigungsmodell basierte auf Vorarbeiten von Sommer & Olesen (2000), wurde aber bezüglich der Effekte von Niederschlag, G lleinfiltration, Nitrifikation, Bodenbearbeitung und Krustenbildung auf die NH_3 -Verflüchtigung beträchtlich erweitert bzw. modifiziert.

Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich der kumulierten NH_3 -Verluste der DSM mit den Verlusten der bLM-Referenzmethode zeigte mit einer Abweichung von 4,2 % eine sehr gute Übereinstimmung in jeder der 5 simultanen Messkampagnen (Tab. 1). Dies kann auf die Kalibration der Dräger Tube Methode mit mikrometeorologischen Feldmessungen zurückgeführt werden. Abbildung 1 zeigt beispielhaft den zeitlichen Verlauf der simultanen Messung der NH_3 -Verflüchtigung von verschiedenen Parzellen nach Düngung mit Biogasgärresten und Schweinegülle. Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den NH_3 -Verlusten der drei organischen Dünger ermittelt werden. Im Mittel von 15 Messkampagnen an 2 Untersuchungsstandorten wurden 40 % höhere NH_3 -Verluste nach Ausbringung von Biogasgärresten im Vergleich zur Schweinegülle beobachtet. Das entwickelte dynamische NH_3 -Verflüchtigungsmodell konnte die zeitlichen Verläufe der NH_3 -Flüsse gut abbilden. Simulierte kumulierte NH_3 -Verluste lagen sehr nah an den gemessenen Werten. Abbildung 3 zeigt einen Beispieldatensatz, welcher für die Modellparametrisierung herangezogen wurde (RMSE 0.32 kg N ha^{-1}). Die Simulationen für die Validation wiesen ebenfalls eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten auf. Der neue DSM-Ansatz für die Bestimmung von NH_3 -Verlusten in Parzellenversuchen hat sich im Vergleich zu mikrometeorologischen Referenzmessungen als valide und sensitiv bewährt. NH_3 -Verluste nach Düngung mit Biogasgärresten waren signifikant höher als jene von konventionellen Güllen. Ein neues Simulationsmodell zur Bewertung von NH_3 -Verlusten in Biogasproduktionssystemen wurde erfolgreich implementiert.

Tab. 1: Vergleich der kumulierten NH_3 Verluste [kg N ha^{-1}] von monofermentierten Biogasgärresten der DSM (in Klammern Std.abw.) und bLM in 5 Messkampagnen

Messmethode	Mi 2007	Juli 2007	März 2008	April 2008	Juli 2008
bLM	14.0	4.8	8.8	7.6	7.5
DSM	13.3 (1.8)	4.5 (1.9)	8.9 (0.8)	7.3 (0.7)	7.1 (0.5)
Abweichung	5 %	6 %	1 %	4 %	5 %

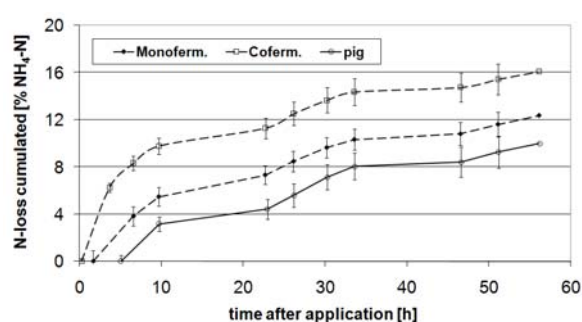


Abb. 1: Kumulierte N Verluste, $n = 4$, 120 kg Gesamt N ha^{-1} , Mai 2008, geschnittenes Weidelgras, DSM

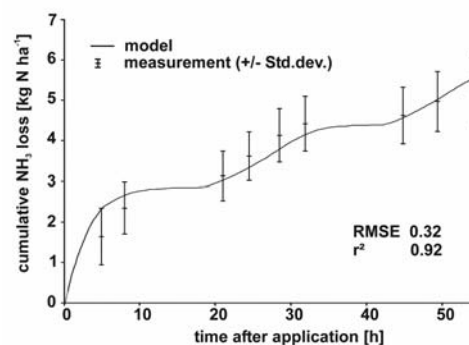


Abb. 2: Gemessene und simulierte NH_3 Verluste, Biogasgärrest (Monof.), April 2008, Weizen, 120 kg Gesamt N ha^{-1}

Literatur

- Pacholski, A. et al. 2006: Calibration of a simple method for determining ammonia volatilization in the field - comparative measurements in Henan Province, China. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 74: 259-273.
- Sommer, S. G. and J. E. Olesen 2000: Modelling ammonia volatilization from animal slurry applied with trail hoses to cereals. *Atmospheric Environment* 34(15): 2361-2372.
- Sommer, S. G. et al. 2005: Simple use of the backwards Lagrangian stochastic dispersion technique for measuring ammonia emission from small field-plots. *Eur. J. Agron.* 23,: 1-7.
- Vandré, R. and M. Kaupenjohann 1998: In situ measurement of ammonia emissions from organic fertilizers in plot experiments. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62: 467-473.

Einfluss der Verweildauer ausgewählter Unkrautsamen in Biogasanlagen auf die Keimfähigkeit

Markus Gansberger^{*}, ^{***}, Manfred Weinhappel^{*}, C. Leonhardt^{*}, Anna Brandstetter^{**},
H. Schally^{**} & Peter Liebhard^{***}

Einleitung

Die Erzeugung von Energie aus Kulturpflanzen mittels Biogasanlagen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Da in Biogasanlagen vor allem Kulturen mit hoher Energieausbeute pro Flächeneinheit verwendet werden, hat dies Auswirkungen auf die Fruchtfolge sowie die begleitenden Unkrautpopulationen. Über nachwachsende Rohstoffe, wie Silomais oder Getreideganzpflanzensilage, aber auch über Ernterückstände gelangen keimfähige Unkrautsamen in den Fermenter der Biogasanlage. Durch die Ausbringung der Fermentationsendprodukte (Biogasgülle) werden diese Samen flächendeckend auf landwirtschaftlich genutzten Flächen verteilt. Bleiben sie im Zuge des Biogasprozesses keimfähig, dann erhöht sich der Unkrautdruck auf den mit Biogasgülle gedüngten Flächen.

Derzeit werden weitere Untersuchungen an samenbürtigen Krankheitserregern, wie Steinbrandsporen, durchgeführt. Wird eine Verschleppung der Krankheiten über die Biogasgülle ausgeschlossen, könnten kontaminierte Partien, die als Lebens- oder Futtermittel ungeeignet sind, in Biogasanlagen eingebracht und verwertet werden.

Material und Methoden

In einer Versuchsreihe wurde die Keimfähigkeit ausgewählter Unkrautarten (*Avena fatua*, *Rumex obtusifolius*, *Atriplex patula*, *Bromus* sp., *Galium* sp., *Amaranthus* sp., *Elytrigia repens*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Polygonum lapathifolium*) nach unterschiedlich langer Verweilzeit und bei verschiedenen Temperaturen in Biogasfermentern und unter Laborbedingungen untersucht, um nachhaltige Risiken beurteilen zu können.

Dabei wurden die Unkrautsamen in kleine Säckchen eingenäht und in drei Biogasfermenter unterschiedlicher Bauart sowie unter Laborbedingungen eingebracht. Nach verschiedenen Verweilzeiten (1 Tag, 7 Tage, 21 Tage, 2 Monate) wurden die Samen entnommen und einer Keimfähigkeitsprüfung unterzogen.

Bei der Versuchsreihe im Labor wurde versucht, Bedingungen einer Biogasanlage zu simulieren und gleichzeitig ein geregeltes Umwelt- und Zeitregime vorzugeben. Die Unkrautsamen wurden in frisches Gärsubstrat in Laborplastikschalen eingetaucht und einem mesophilen (~35°C) und einem thermophilen (~50°C) Temperaturbereich ausgesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

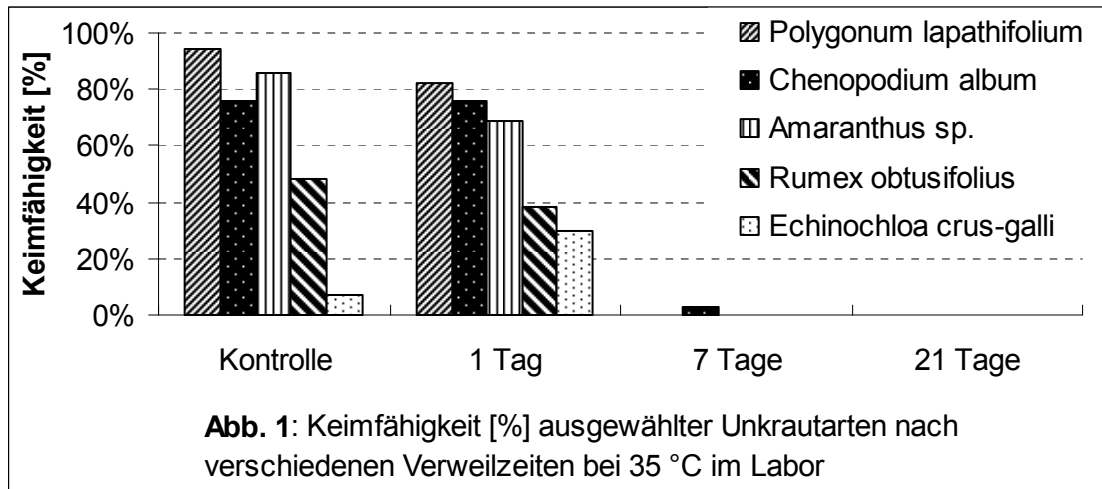
Die Laborergebnisse im mesophilen Temperaturbereich zeigten, dass der Großteil der Unkrautarten die Ein-Tagesvariante überstanden. *Elytrigia repens*, *Galium* sp. und *Bromus* sp. wurden jedoch schon nach einem Tag abgetötet. Die Samen von *Chenopodium album*, von *Amaranthus* sp. und von *Polygonum lapathifolium* waren am widerstandsfähigsten und die Keimfähigkeit verminderte sich nach etwa einer

* Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), Institut für Saatgut, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

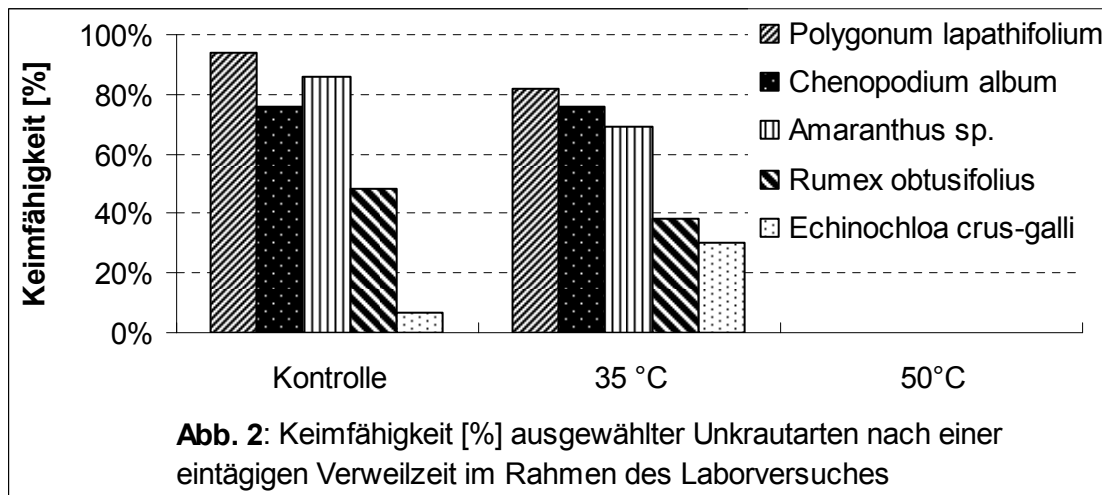
** Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Wiener Straße 64, A-3100 St. Pölten

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

Woche auf null. Wie in *Abbildung 1* ersichtlich, nahm bei *Echinochloa crus-galli* die Keimfähigkeit nach einer eintägigen Verweilzeit im Fermentationssubstrat zu. Die Ursache dafür könnte das Brechen der Dormanz sein. In der Folge brach die Keimfähigkeit aber schnell zusammen.



Alle eingebrachten Unkrautsamen verloren spätestens nach 21 Tagen vollständig die Keimfähigkeit.



Im thermophilen Temperaturbereich (50°C) konnten bereits nach eintägigem Einbringen in das Fermentationssubstrat keine keimfähigen Samen mehr ermittelt werden.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Temperatureinfluss und die Verweilzeit im Fermenter eine zentrale Rolle beim Verlust der Keimfähigkeit haben. Auch Schrade et al. (2003) stellten dies bei einem ähnlichen Versuch fest. Neben den Faktoren wie Temperatur und Verweildauer sind vermutlich auch andere Parameter, wie beispielsweise der pH-Wert, die Mikroorganismenaktivität etc. an der Reduktion der Keimfähigkeit beteiligt. Die Ausbringung von Biogasgülle nach einer üblichen Verweildauer im Fermenter stellt für die Verschleppung von Unkrautsamen kein Problem für die gedüngten Flächen dar.

Literatur

Schrade, S.; C. Pekrun; H. Oechsner und W. Claupein, W. 2003: Untersuchungen zum Einfluss der Biogasgärung auf die Keimfähigkeit von Unkraut- und Kulturpflanzensamen unter besonderer Berücksichtigung des Ampfers (*Rumex obtusifolius*). Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau 2003. Wien. 531-532.

Der „Ewige Roggenbau“ in Halle (Saale) – ein Modell im Wandel

Helmut Eißner & Lothar Schmidt

Einleitung

Der „Ewige Roggenbau“ in Halle (Saale), 1878 von J. Kühn angelegt und nun im 131. Versuchsjahr stehend, ist nach Rothamsted (1843) der zweitälteste Dauerversuch weltweit. Die originären Versuchsfragen (Humustheorie vs. Mineralstofftheorie, N-Ernährung aus der Luft vs. N-Ernährung aus Boden oder Dünger) sind inzwischen geklärt, aber neue Fragen stellen sich ständig. Einer dieser Problemkreise ist die Nachhaltigkeit agrarischer Landnutzungssysteme. Dabei wollen wir bei der Betrachtung von Agroökosystemen die Nachhaltigkeit als response gegenüber internen pressure-Faktoren verstehen, während die Stabilität eine Reaktion gegenüber äußeren Einflussfaktoren darstellt. Anhand der langfristigen Ertragsentwicklung des „Ewigen Roggenbaues“ sollen Veränderungen sowohl der Nachhaltigkeit als auch der Stabilität identifiziert werden. Die Wirkung dieser Dynamik auf die Modelleignung des Versuches und zukünftige Versuchsdurchführung wird diskutiert.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort befindet sich auf einem etwa 10 - 15 km breiten Sandlößstreifen, der sich an das Löß-Schwarzerdegebiet des östlichen Harzvorlandes anschließt. Die Lehr- und Versuchsstation Halle liegt auf einer ebenen Hochfläche östlich des Saale-Götschetales auf Vorschüttsanden der Saaleeiszeit, die von einer Geschiebemergeldecke überzogen sind. In der Weichseleiszeit ist darüber Sandlöß mit 80 - 100 cm Mächtigkeit abgelagert worden. Die Höhe über NN beträgt 113 m.

Der Boden ist eine deutlich lessivierte Schwarzerde (Parabraunerde-Tschernosem, FAO: Haplic Phaeozem). Die Ackerzahl liegt im Bereich des Dauerversuches bei 44\47 mit einem Gehalt an Ton von 8 %, Schluff 19 % und Sand von 73 %. Der Grundwasserspiegel liegt im Durchschnitt der Jahre bei 1,50 - 2,00 m. Die Bodenreaktion ist schwach sauer bis neutral.

Der Standort gehört zum mitteldeutschen Trockengebiet, geprägt vom Regenschatten des Harzes. Die Jahressumme der Niederschläge im Mittel der Jahre 1878 - 1995 betrug 494 mm, während sich für den gleichen Zeitraum ein Temperaturmittel von 9,2 °C ergibt.

Der Versuch „Ewiger Roggenbau“ wurde 1878 in Langparzellen (11,75 x 85,00 m) mit 5 Varianten (Stl, PK, NPK, N, U) ohne Wiederholung als Einfelderwirtschaft in Winterroggen-Monokultur angelegt. 1893 kam die reduzierte Stallmistparzelle II hinzu, die nach 60 Versuchsjahren ab 1953 nicht mehr mit Stallmist versorgt wurde, um die Nachwirkung zu prüfen. Bis zum Jahre 1958 konnte der Versuch in ununterbrochener Folge durchgeführt werden. Eine immer stärker werdende Verunkrautung mit Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.) zwang dazu, ein Jahr Schwarzbrache einzuschieben. Dies brachte aber nicht den erhofften Erfolg, so dass nach der 82. Ernte 1962 die Roggen-Monokultur nur auf einem Drittel der Versuchsfläche (Abteilung C) verblieb. Je ein weiteres Drittel wurde durch den Fruchtwechsel Roggen-Kartoffel (Abtlg. B) und die Mais-Monokultur (Abtlg. A) ersetzt. Die letzte Umstellung des Versuches im Herbst 1990 betraf drei seiner sechs Varianten (Angleichung der N-Düngung in den Varianten Stl und NPK auf 60 kg

N/ha, Umstellung der Variante N auf organisch-mineralische Volldüngung (NPK + St). Neben den Umstellungen der Prüfglieder sind auch agrotechnische Veränderungen bedeutsam. Die Bodenbearbeitung erfolgte von 1878 – 1968 mit dem Pferdeflug und einer Tiefe von 20 cm, bis 1996 mit 50 PS-Traktor und 25 cm Tiefe und ab 1997 mit 90 PS Traktor und 30 cm Bearbeitungstiefe.

Ergebnisse und Diskussion

Die absoluten und relativen Ernteerträge bei Roggen wiesen in der 131-jährigen Versuchsdurchführung sowohl stabile als auch dynamische Phasen auf (Abb.1). Teilweise hat sich der Trend des stetigen Ertragsrückganges umgekehrt. Mögliche Ursachen der positiven Ertragsentwicklung, insbesondere seit dem 12. Dezennium, sind sowohl in der Versuchsdurchführung selbst (Vertiefung der Pflugfurche, Sortenwechsel) als auch in äußeren Einflussfaktoren (abnehmende atmogene Einträge) und Klimaänderungen (Anstieg des CO₂-Gehaltes, Zunahme der Vegetationszeit) zu suchen.

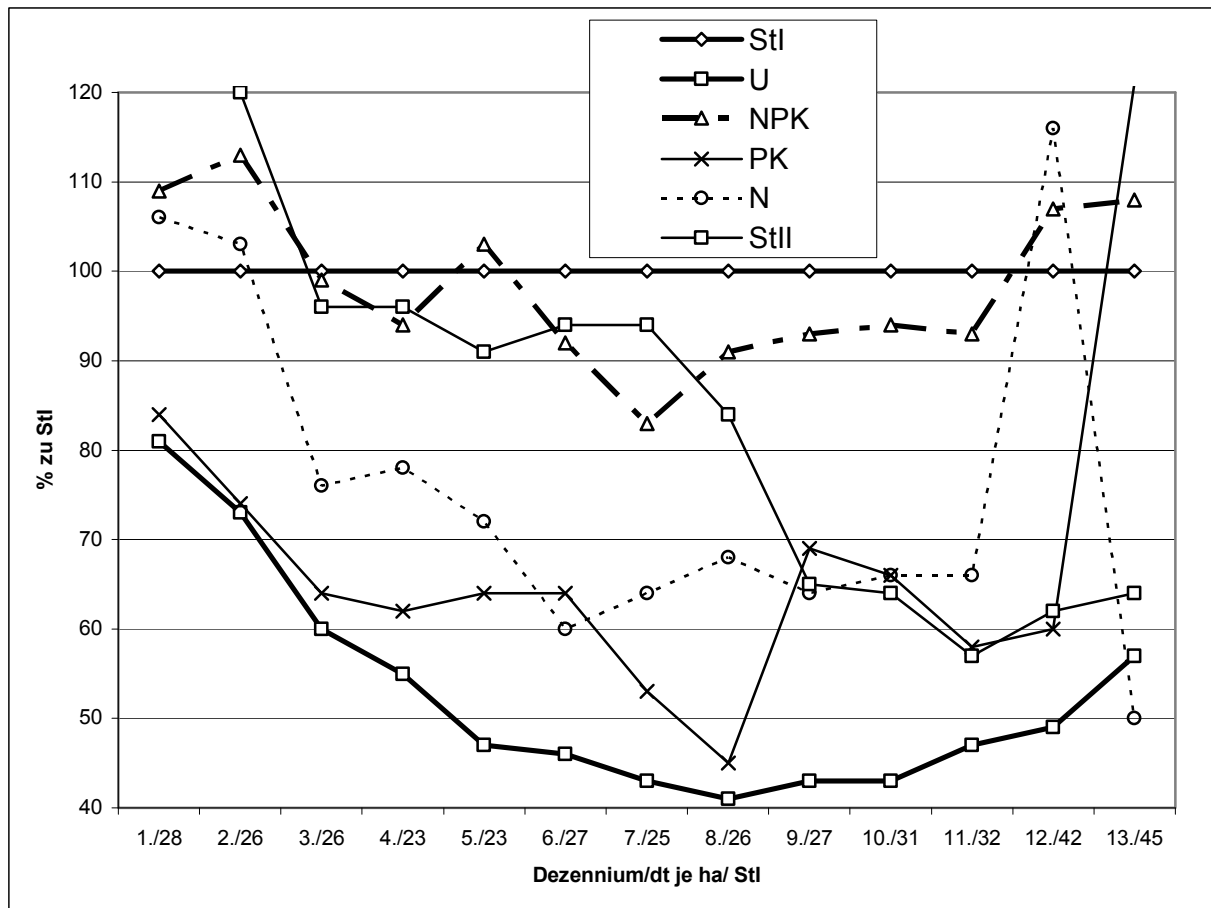


Abb. 1: Entwicklung des relativen Kornertrages bei Winterroggen 1879 - 2008

Literatur

Schmidt, L.; L. Wittenmayer; W. Merbach und J. Garz 2004: Exkursionsführer zu den Dauerdüngungsversuchen auf dem Julius-Kühn-Versuchsfeld in Halle (Saale). MLU, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Halle.

Beziehungen zwischen der Witterung und den N_{\min} -Gehalten auf schluffigem Sandboden

Wilfried Hübner, Eike Flechner & Frank Ellmer

Einleitung

Stickstoff ist der wichtigste ertragssteigernde Pflanzennährstoff in der landwirtschaftlichen Produktion. Seiner komplizierten räumlichen und zeitlichen Dynamik im Boden liegen vielfältige Einflussfaktoren und Mechanismen zugrunde, was die Steuerbarkeit einer optimalen Stickstoffdüngung erschwert. In der Praxis bedeutet dies trotz Anwendung aufwändiger und kostenintensiver Bodenuntersuchungen zur Abbildung des mineralischen Stickstoffgehaltes (N_{\min}) ein Ungleichgewicht zwischen Stickstoffbedarf der Kulturpflanzen und unerwünschter Stickstoffeinträge in die Ökosysteme. Das Formulieren von Modellgleichungen zur N_{\min} -Vorhersage kann einen Beitrag zur Optimierung der N-Düngung mit positiven Auswirkungen auf Ökosysteme und Wirtschaftlichkeit leisten.

Material und Methoden

Datenbasis sind Versuchsdaten aus den Jahren 1992 bis 2004 vom Standort Blumberg (Kreis Barnim, Brandenburg). Zur Beschreibung der Abhängigkeiten zwischen den N_{\min} -Werten landwirtschaftlich genutzter Böden in unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen und der Witterung sind Regressionsmodelle entwickelt worden. Als Eingabedaten benötigten die Regressionsmodelle die N_{\min} -Werte sowie die Niederschlags- und Bodentemperaturensummen der Zeiträume vor der Probennahme. Aus den Untersuchungen der Zusammenhänge ergaben sich Modellgleichungen, die Vorhersagen von N_{\min} -Gehalten möglich machen. Aufgrund ihres formalen Aufbaus konnten aus diesen Gleichungen Schlüsse über die Einflüsse der Witterungsfaktoren auf die N_{\min} -Dynamik gezogen werden.

Ergebnisse und Diskussion

Für alle Bewirtschaftungssysteme wurden signifikante Gleichungen gefunden. Mit diesen lassen sich je nach Bewirtschaftungssystem N_{\min} -Vorhersagen mit zum Teil hohen Genauigkeiten treffen. Tendenziell waren die Vorhersagen für den Herbst gegenüber dem Frühjahr deutlich ungenauer. Auch haben sich deutliche Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungssystemen bezüglich der Determinationskoeffizienten (R^2) gezeigt. Für den integrierten Landbau (ILB) ließ sich die beobachtete Streuung des N_{\min} am wenigsten durch die betrachteten Witterungsfaktoren erklären (max. 62 %). Dies traf ungefähr auch für die alte Dreifelderwirtschaft (ADFW) zu (max. 65 %). Streuungen des N_{\min} lassen sich in den anderen beiden Bewirtschaftungssystemen viel besser durch die betrachteten Witterungsfaktoren erklären: Verbesserte Dreifelderwirtschaft (VDFW) (max. 95 %), Ökologischer Landbau (ÖLB) (max. 93 %). Mit den gefundenen Modellgleichungen lassen sich somit je nach Bewirtschaftungssystem mäßige bis sehr gute Vorhersagen für N_{\min} -Gehalte aus den Witterungsfaktoren Niederschlag und Bodentemperatur treffen. Die Abbildungen 1 bis 4 zeigen das Verhältnis der Vorhersagen (erwartete Werte) zu den tatsächlich beobachteten Werten der jeweiligen Bewirtschaftungssysteme an.

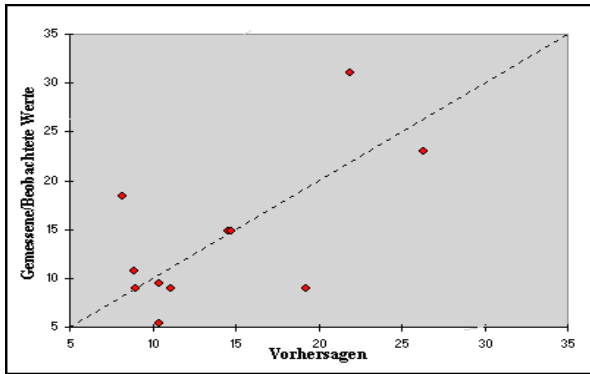


Abbildung 1: Vorhergesagte und beobachtete Werte für den Frühjahrs- N_{min} in der Bodenschicht 30-60 cm des ILB

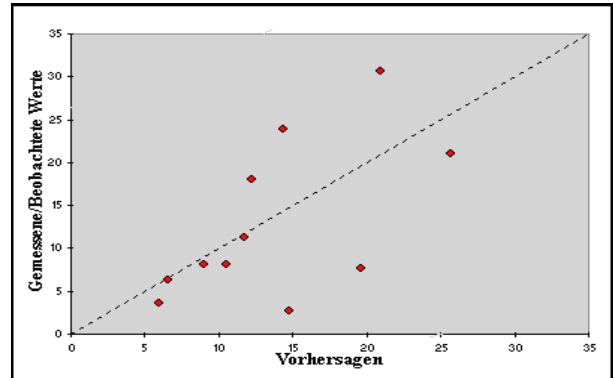


Abbildung 2: Vorhergesagte und beobachtete Werte für den Frühjahrs- N_{min} in der Bodenschicht 0-60 cm der ADFW

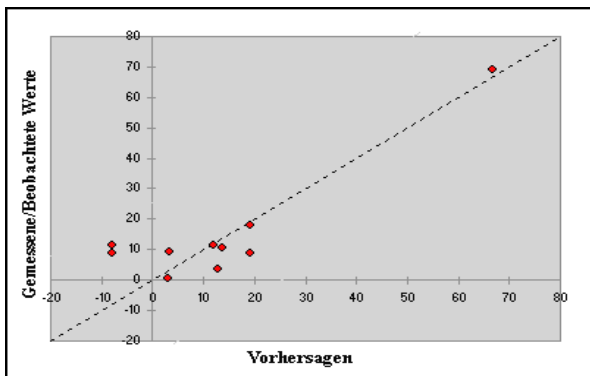


Abbildung 3: Vorhergesagte und beobachtete Werte für den Frühjahrs- N_{min} in der Bodenschicht 0-60 cm der VDFW

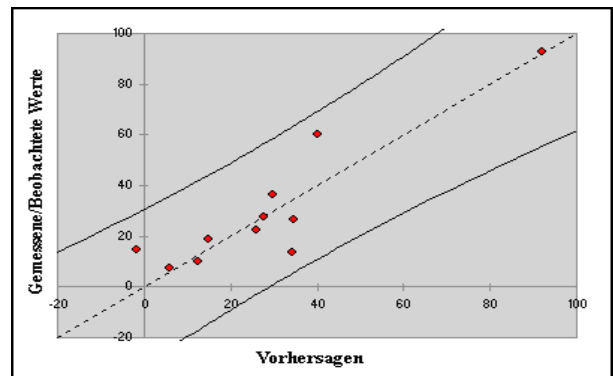


Abbildung 4: Vorhergesagte und beobachtete Werte für den Frühjahrs- N_{min} in der Bodenschicht 0-60 cm des ÖLB (Vorfrucht Kartoffel)

ADFW= Alte Dreifelderwirtschaft; VDFW= Verbesserte Dreifelderwirtschaft; ILB= Integrierter Landbau; ÖLB= Ökologischer Landbau

Mit den Regressionsanalysen konnten die statistisch erkennbaren Einflüsse von Niederschlag und Bodentemperatur auf den N_{min} erfasst und untersucht werden. Die aus den Regressionsanalysen gewonnenen Modellgleichungen ermöglichen die Berechnung von N_{min} -Vorhersagen und benötigen als Eingabeparameter die Niederschlags- und Bodentemperatursummen dreier Monate vor der Probennahme. Die Prognose von N_{min} -Werten hätte insbesondere als Kontrollinstrument für das Ausmaß der zu erwartenden Grundwasserbelastung eine praktische Bedeutung. Kenntnisse über prognostizierte N_{min} -Werte wären zudem wichtig für die Durchführung einer pflanzenbedarfsgerechten Düngung. Die gefundenen Modellgleichungen könnten als Bestandteil von Schätzverfahren zur Ermittlung der im Boden verfügbaren Nährstoffmengen Anwendung finden. Mit der Etablierung des rechnerisch-statistischen Verfahrens in der Praxis ließen sich Aufwand und Kosten reduzieren und umweltrelevante Entscheidungen stützen. Dies würde zur Ökonomisierung und Ökologisierung im Pflanzenbau beitragen.

Literatur

Flechner, E. 2009: Vorhersagen mineralischer Stickstoffgehalte im Boden in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungssystem und der Witterung. Msc-Arbeit. Humboldt-Universität zu Berlin.

Vergleich verschiedener Systeme zur teilflächenspezifischen Stickstoff-Düngung

Bernhard Limbrunner & Franz-Xaver Maidl

Einleitung

Unterschiedliche Wachstumsbedingungen innerhalb von Ackerschlägen (z. B. Bodenart, Relief, Nährstoffgehalt, u. a.) können zu einer differenzierten Entwicklung von Pflanzenbeständen und somit zu mehr oder weniger stark variierenden Ertrags- und Qualitätsschwankungen führen. Eine in der Praxis meist übliche schlageinheitliche Bewirtschaftung kann, je nach Ausmaß der Bodenunterschiede zwischen den Teilschlägen, zu beträchtlichen ökonomischen oder ökologischen Nachteilen führen. Eine Möglichkeit, um auf die unterschiedliche Entwicklung der Pflanzenbestände zu reagieren und damit das Ertragspotential der Teilschläge optimal auszunutzen, ist die teilschlagspezifische Düngung. Hierfür gibt es verschiedene Verfahren der Teilschlagdüngung, welche in den im vorliegenden Beitrag beschriebenen Versuchen miteinander verglichen werden.

Material und Methoden

Auf mehreren Schlägen der Versuchstationen des Wissenschaftszentrums Weihenstephan wurden Streifenversuche bei Winterweizen angelegt, auf welchen verschiedene Systeme der Teilschlagdüngung verglichen wurden. Um den Boden zu charakterisieren und so auf das teilflächenspezifische Ertragspotential zu schließen wurden verschiedene Informationen (z. B. historische Erträge, zeitnahe Biomassekarten) herangezogen. Ab der zweiten Stickstoffgabe wurden folgende Düngesysteme geprüft:

- betriebsüblich schlageinheitlich
- zwei verschiedene Online-Ansätze
- ein Online-Ansatz mit map-overlay (Berücksichtigung des Ertragspotentials)
- ein Mapping-Ansatz (Berücksichtigung des Ertragspotentials)

Zur Ermittlung der teilflächenspezifischen Erträge wird neben der Ertragsermittlung mit dem Großmähdrescher eine sehr genaue Beerntung mit dem Parzellenmähdrescher durchgeführt. Im Labor werden N-Gehalte und Rohproteingehalte des Ernteguts der Parzellen ermittelt. Somit kann dann der N-Entzug durch das Korn und die N-Abfuhr von den Teilschlägen ermittelt werden. Aus N-Düngung und N-Abfuhr kann dann die teilflächenspezifische N-Effizienz der geprüften Düngesysteme und somit deren ökonomische und ökologische Wirkung ermittelt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Da zum Zeitpunkt der Einreichung dieses Beitrags noch keine Daten der Ernte des Jahres 2009 vorlagen, sind in Tab. 1 einige Ergebnisse aus Vorversuchen im Jahr 2008 aufgeführt. In diesem Jahr wurde in ersten Streifenversuchen eine schlageinheitliche Düngung mit einer Düngung nach dem Online-Ansatz (hier: Yara-N-Sensor) verglichen. Wie in der Tabelle zu sehen, lag zwar die ausgebrachte Düngermenge über den gesamten Schlag auf dem gleichen Niveau, der Dünger wurde aber beim Online-Verfahren innerhalb des Schlages unterschiedlich verteilt.

Tab. 1: Ergebnisse aus Vorversuchen in 2008

Ertragspotential	N-Düngung		Kornertrag [dt/ha]		N-Bilanz [kg/ha]	
	Online	Einheitlich	Online	Einheitlich	Online	Einheitlich
niedrig	211	200	94,0	96,3	52	29
mittel	191	200	97,4	97,8	29	25
hoch	194	200	95,7	95,3	35	31
gesamter Schlag	199	200	95,7	96,4	39	28

Aufgrund der bei diesem Online-Verfahren hinterlegten Düngestrategie (viel Biomasse → niedrige N-Gabe; wenig Biomasse → hohe N-Gabe) wurde dabei auf Teilschlägen mit niedrigem Ertragspotential im Mittel 211 kg N/ha ausgebracht, auf Teilschlägen mit hohem Ertragspotential dagegen nur 194 kg N/ha. Bei Betrachtung der erzielten Kornerträge wird aber deutlich, dass die höhere Düngermenge im Niedrigertragsbereich gar nicht in eine Ertragssteigerung umgesetzt werden konnte. Die Folge aus einer deutlich höheren Düngung bei gleichzeitig niedrigerem Ertrag im Niedrigertragsbereich war eine um 23 kg/ha höhere N-Bilanz. Da die Düngermenge in den Teilschlägen mit mittlerem und hohem Ertragspotential nur wenig von der schlageinheitlichen Düngung abwich, konnte hier kein so deutlicher Effekt auf den Kornertrag und auf die N-Bilanz festgestellt werden. Bei Betrachtung des gesamten Schlages erzielte die schlageinheitliche Düngung einen Mehrertrag von 0,7 dt/ha und eine um 11 kg/ha bessere N-Bilanz.

Um auf diese negativen Effekte der eigentlich unvorteilhaften Düngerumverteilung des geprüften Online-Verfahrens zu reagieren, wurden im Versuchsjahr 2009 Düngesysteme aufgenommen, welche das Ertragspotential der Teilschläge berücksichtigen. In Abb. 1 sind die Düngermengen der geprüften Düngesysteme abgebildet, die in einem dieser Versuche appliziert wurden. Auch hier ist wieder zu erkennen, dass die Düngesysteme nach dem reinen Online-Verfahren im Niedrigertragsbereich mehr Dünger ausbringen als im Hohertragsbereich. Bei den Düngestrategien, die das Ertragspotential berücksichtigen, ist die Verteilung genau umgekehrt. Zum Beispiel wird beim Mapping-Verfahren der Dünger genau dort ausgebracht, wo der Bestand diesen benötigt, um ein bestimmtes Ertragspotential zu erreichen. In Bereichen mit niedriger zu erwartender Ertragsleistung wird dagegen Dünger eingespart. Beim kombinierten Verfahren Online mit Map-Overlay ermittelt zusätzlich ein Online-Sensor die aktuelle Bestandesentwicklung und passt dementsprechend die Applikationsmenge an.

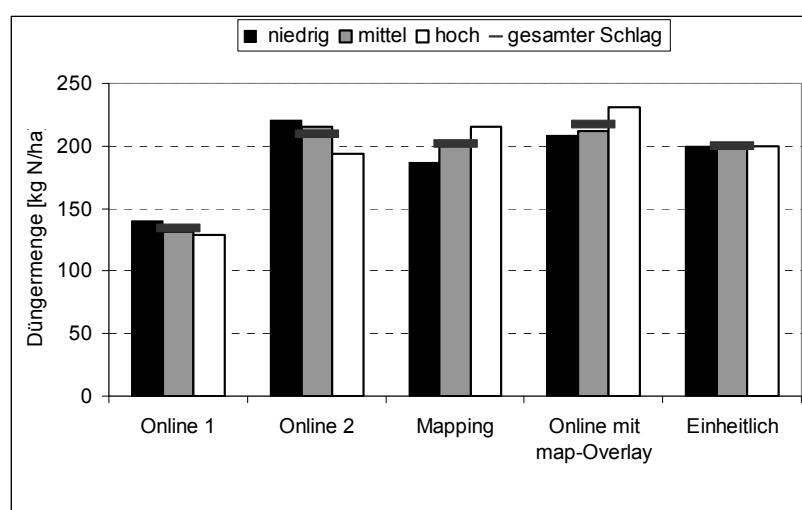


Abb. 1: In den unterschiedlichen Ertragsbereichen ausgebrachte N-Mengen der geprüften Düngesysteme

Asche- und Kompostdüngung zur Schließung von Nährstoffkreisläufen bei der Produktion nachwachsender Rohstoffe in Österreich – *Miscanthus Giganteus*

Peter Liebhard, Karl Refenner, Helmut Wagenristl* & Claudia Zeitlhofer

Einleitung

Die Rückführung von schadstoffarmer Rost- bzw. Zyklonfilterasche und Kompost eignet sich im höchsten Ausmaß für die Produktion nachwachsender Rohstoffe. Dadurch wird eine teilgeschlossene Kreislaufwirtschaft bei Sicherung der Nachhaltigkeit des Bodens gewährleistet. Durch die Deponierung jährlich stark steigender Mengen von wertvoller Grobasche, alleine in Österreich von 30 000 t im Jahr 1999 auf ca. 300 000 t im Jahr 2007, entstehen nicht nur hohe Deponiekosten, sondern der Land- und Forstwirtschaft gehen dadurch wertvolle Pflanzennährstoffe verloren, die derzeit alleine aus dem pflanzenaufnehmbaren Anteil bei Phosphat, Kalium und Kalk einen Verlust von ca. 11 Mio. €/Jahr betragen. Laut Abfallstatistik werden nur ca. 25 % in der Landwirtschaft ausgebracht und 75 % der wertvollen Rostasche kommt auf Deponien. Weltweit sind die hochwertigen fossilen Phosphat- und Kalivorräte im Vergleich zu den Erdölvorräten wesentlich knapper.

Bei unkontrollierter Rückführung von Aschen, vor allem von belasteten Aschefractionen aus Biomassefeuerungen, kommt es zur Anhäufung von Schadstoffen bzw. Schwermetallen im Boden. Trotz bestehender Richtlinien für den „sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen im Wald bzw. im Acker und Grünland“ (1998) ist eine Kompostierung von Rostasche erforderlich. Die ausgewählten Versuchsergebnisse zeigen den Nährstoffentzug im Erntegut bei *Miscanthus* ‚Giganteus‘ und den Düngerwert bei Rückführung der anfallenden Rostasche.

Material und Methoden

An der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Groß Enzersdorf werden langjährige Feldversuche bei *Miscanthus* ‚Giganteus‘ sowie Pappel und Weide durchgeführt. Der Düngungsversuch bei *Miscanthus* ‚Giganteus‘ wurde im Jahr 1995 als Blockanlage mit zwei Ernteterminen in vierfacher Wiederholung angelegt (Bruttoparzelle 10 x 6 m). Pappel und Weide im Kurzumtrieb werden seit 1996 bearbeitet (Bruttoparzelle 3 Reihen bzw. Doppelreihen 9 (10,5) x 20 m).

Tab. 1: Düngungsvarianten bei *Miscanthus* ‚Giganteus‘

Düngungsvariante	Düngerart bzw. Form	Düngungsvariante	Düngerart bzw. Form
1	Ungedüngt	7	Ungedüngt
2	N 60	8	PK (Chlorid) N 60
3	N 120	9	PK (Sulfat) – N 60
4	N 180	10	Asche ^x
5	Gülle (N 180)	11	Asche ^x und N 60
6	Kompost (N 180)	12	2 x Asche ^x und N 60

^x Aschemenge 1000 kg/ha; Rostasche aus einer Kleinf Feuerungsanlage mit ausschließlich *Miscanthus*häcksel als Brennstoff. Die einheitlich aufbereiteten und gemahlene **Ganzpflanzen-Ernteproben** und **Ascheproben** wurden nach den vorgegebenen Methoden der Ascheverordnung (1998) analysiert.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Univ.f. BOKU, Gregor Mendel Strasse 33, 1180 Wien

* Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur, Schlosshoferstrasse 31, A-2301 Groß Enzersdorf

Ergebnisse und Diskussion

Vom ersten bis zum zweiten Jahr (Etablierungshase) kam es zu einer Verdoppelung des Ertrages. Ab dem dritten Aufwuchsjahr blieb in der Hauptnutzungsphase (drittes bis ca. 14. Vegetationsjahr) der Ertrag beinahe konstant 16,5 bis 19,6 t TM ha⁻¹; am stärksten ertragsbeeinflussend waren die Jahreswitterung (Zahl der Vegetationstage) und vor allem das Wasserangebot im Spätfrühling und im Sommer).

Tab. 2: Elemente- und Aschegehalt in Gewichtsprozent[#] bzw. in ppm* im Miscanthus ‚Giganteus‘-Erntegut vom ersten bis zum 14. Vegetationsjahr, Düngungsvariante 2 (N 60), Ernte Ende März

Element	1.- 1995	2. – 1996	3. - 1997	10. - 2004	14. – 2008
N [#]	1,15	0,49	0,38	0,34	0,34
C [#]	47,87	47,98	48,76	48,65	48,69
H [#]	5,19	5,24	5,54	5,51	5,48
S [#]	0,07	0,08	0,06	0,05	0,06
Cl [#]	0,18	0,23	0,27	0,24	0,26
Pb*	2,64	2,24	1,37	1,26	1,29
Cd*	0,14	0,11	0,07	0,07	0,07
Cu*	2,46	1,78	1,47	1,65	1,49
Hg*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aschegehalt [#]	3,86	3,31	3,06	2,99	2,86
Wasserunl. Asche % der TM	0,87	0,80	0,76	0,75	0,78
Brennwert (MJ/kg TM)	18,19	19,02	19,32	19,34	19,32

Die Ergebnisse der Elementaranalyse zeigen, dass sich bei Miscanthus ‚Giganteus‘ in den ersten drei Vegetationsjahren die Gehaltswerte im Erntegut deutlich ändern, danach blieben die Werte in einem engen Bereich. In den ersten drei Vegetationsjahren gab es zwischen den Düngungsvarianten, außer im Stickstoffgehalt, keine Unterschiede im Elementgehalt. Nachfolgend kam es zu Abweichungen in Einzeljahren, Trend war aber keiner nachweisbar.

Die Düngewirkung der Asche wird seit Jahrhunderten genutzt. Je nach Brennstoff und Feuerungstemperatur enthalten Aschen unterschiedlich hohe Pflanzennährstoff- und auch Schadstoffmengen. Die Ascheanalysergebnisse können aufgrund unterschiedlicher Totalaufschlüsse bzw. unterschiedlicher Eluatanalyserverfahren meist nicht miteinander verglichen werden. Den größten Anteil bei Holz- und Pflanzenaschen bildet Kalk (CaO) und SiO₂, wesentlich geringer sind die Gehaltswerte bei K₂O, MgO und P₂O₅. Die Wasserlöslichkeit der Nährstoffe aus der Asche ist einerseits von der Konsistenz der Asche (Verbrennungstechnik) und andererseits von den bodenchemischen und mikrobiologischen Bedingungen abhängig. Bei Ca, K und Mg wird eine über 50 %ige und bei Phosphat hingegen eine unter 10 %ige Wasserlöslichkeit angenommen.

Tab. 3: Elementgehalt in Gewichtsprozent[#] bzw. in ppm* in der Miscanthus ‚Giganteus‘-Asche; Erntegut vom ersten, zweiten und 10. Vegetationsjahr, Düngungsvariante 2 (N 60), Ernte Ende März

Veget.j.	SiO ₂ [#]	K ₂ O [#]	CaO [#]	MgO [#]	SO ₃ [#]	P ₂ O ₅ [#]	Cl [#]	FeO ₃ [#]	AlO ₃ [#]	Na ₂ O [#]	Pb [#]	Cd [#]	Cu [#]	Hg [#]
Zweites	63,0	14,9	7,90	2,90	3,70	1,80	1,5	0,37	0,45	0,18	18,0	0,63	53,8	<0,2
Drittes	47,1	13,2	6,90	2,8	2,10	2,20	1,5	0,38	0,29	0,24	17,0	0,12	63,0	<0,2
Zehntes	46,0	23,8	7,20	2,70	2,70	2,10	1,2	0,32	0,28	0,22	18,0	0,15	58,0	<0,2

Durch die Zwischenschaltung der Kompostierung in der Rückführung hochwertiger Rost- und Zyklonfilterasche (Wirbelschichtverbrennung) auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden kommt es bei Calcium und teilweise auch bei Magnesium zu einer Karbonatisierung und dadurch zu einer länger anhaltenden Kalkwirkung. Bei Kalium und Natrium erfolgt keine Veränderung in der Verfügbarkeit. Das Phosphat liegt in der Asche überwiegend in der oxidischen Form (P₂O₅) vor, durch die Kompostierung ist bezüglich Löslichkeit keine Änderung zu erwarten.

Einfluss der Bodenbearbeitung und des Säverfahrens auf die Spross- und Wurzeleistung unterschiedlicher Zwischenfrucht-Mischungen im Ökologischen Landbau

Verena Mainer, Thomas Ebertseder & Harald Schmid*

Einleitung

Der Anbau von Zwischenfrüchten leistet im ökologischen Landbau einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Ein hoher Biomasseaufwuchs sowie eine intensive Durchwurzelung fungieren hierbei als maßgebliche Kenngrößen. Der im Folgenden beschriebene Versuch geht der Fragestellung nach, inwieweit sich verschiedene derzeit praktizierte, unterschiedlich intensive Anbauverfahren auf das Wachstum ausgewählter Zwischenfrucht-Mischungen auswirken.

Material und Methoden

In einer teilrandomisierten Blockanlage am Standort Hohenkammer (Tertiär-Hügelland, sandiger Lehm, 40 km nördlich von München) wurden Anfang August 2008 24 Varianten, basierend auf 3 Prüffaktoren (Tab. 1), in zwei Parallelen in Großparzellen (450 m²) angebaut. Nach optimalen Witterungsbedingungen zur Saat sowie während der gesamten Entwicklung der Zwischenfrüchte (häufige und gleichmäßig verteilte Niederschläge) folgte Ende Oktober die Spross- und Wurzelbeprobung. Zur Beerntung der Sprossmasse wurden pro Parzelle an drei Teilflächen je 2 m² oberirdische Pflanzenmasse abgeerntet und der Frisch- und Trockenmasseertrag ermittelt. Die Wurzelbeprobung der Krume erfolgte mit der Bohrkernmethode (Böhm, 1979). Die Wurzellänge wurde gemessen (Newman, 1966); die Wurzeltrockenmasse gemessen bzw. errechnet.

Tab. 3: Faktoren und Faktorstufen des Versuchs

<i>Bodenbearbeitung</i>	nicht wendend (Tiefe:10 cm) wendend (Tiefe: 20 cm)
<i>Säverfahren</i>	Saatstriegel o. Rückverfestigung Säkombination m. Kreiselgrubber
<i>Mischungen</i>	<i>M1:</i> Futter-Erbse, So.Wicke, Ackerbohne, Lupine (Verhältnis: .50:20:20:10) <i>M2:</i> Platterbse, So.Wicke, Wi.Wicke, Buchweizen, Phazelia, Alexandrinerklee, Perserklee (Verhältnis: 18:10:20:30:2:2:10:8) <i>M3:</i> So.Wicke, Platterbse, Buchweizen, Phazelia, Alexandrinerklee (Verhältnis: 50:37:8:2,5:2,5) <i>M4:</i> Alexandriner- und Perserklee (Verhältnis: 56:44) <i>M5:</i> So.Wicke, Senf, Ölrettich (Verhältnis: 87:6,5:6,5) <i>M6:</i> Alexandr.klee, Ölrettich, Mungo (Verhältnis: 42:42:16)

Ergebnisse und Diskussion

Ein Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Sprossertrag konnte in keinem Fall nachgewiesen werden. Das Säverfahren wirkte sich hingegen signifikant auf den Sprossertrag aus. Varianten, die mit der Säkombination bestellt wurden, erbrachten

Fachhochschule Weihenstephan, Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft

* Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, WZW, TU München

im Vergleich zu den Saatriegel-Varianten im Mittel über alle Mischungen und Bodenbearbeitungsverfahren um durchschnittlich 5 dt TM ha⁻¹ höhere Sprosserträge (Tab. 2). Wechselwirkungen zwischen den Zwischenfruchtmischungen, den Sä- und den Bodenbearbeitungsverfahren konnten statistisch nicht abgesichert werden, obgleich durchaus unterschiedliche Reaktionen der Zwischenfrucht-Mischungen auf die Bestellverfahren erkennbar waren. Insbesondere die grobkörnigen Leguminosen dankten den Einsatz des Pfluges mit nachfolgender Saatbettbereitung durch den Kreiselgubber mit deutlichen Mehrerträgen.

Tab. 4: Sprossertrag der Zwischenfruchtmischungen in Abhängigkeit des Säverfahrens

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, SNK-Test

Säverfahren		M1	M2	M3	M4	M5	M6	Mittel
Saatriegel	dt TM ha ⁻¹	21,5	22,4	22,9	17,8	21,7	20,2	21,1 A
Sämaschine	dt TM ha ⁻¹	27,2	28,6	25,3	24,7	26,5	22,1	25,7 B
Mittel	dt TM ha ⁻¹	24,3	25,5	24,1	21,3	24,1	21,2	23,4
		ab	a	ab	b	ab	b	

Die gesamte Wurzeltrockenmasse, wie auch die Wurzellängendichte in der beprobten Tiefe bis 30 cm, wurde weder vom Säverfahren noch von der Bodenbearbeitung signifikant beeinflusst. Es konnten jedoch signifikante Unterschiede in den Tiefen 0-15 cm und 15-30 cm zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten festgestellt werden. Während durch die wendende Bodenbearbeitung eine Durchwurzelung der gesamten Krume sichergestellt wurde, breiteten sich die Wurzeln bei nicht wendender Bodenbearbeitung vorrangig in den oberen 15 cm aus. Hierbei nutzten wurzelstärkere Mischungen den durch den Pflug gut gelockerten Bodenraum optimaler als wurzelschwächere Mischungen.

Unterschiede der Mischungen zeigten sich erwartungsgemäß in der Spross- wie auch der Wurzelentwicklung. Gemenge mit Grobleguminosen und Senf (M1, 2, 3, 5) entwickelten eine deutlich größere Sprossmasse. Ein starkes Wurzelsystem wiesen vor allem Mischungen auf, welche Wicken und Platterbsen enthielten (M2, 3). Mit Ausnahme von M5 (Gemenge mit Senf), welche durch das geringste Bewurzelungsvermögen gekennzeichnet war, bildeten Mischungen mit hoher Sprossmasse ebenso eine hohe Wurzelmasse aus.

Zusammenfassend konnte durch den Versuch eine Beeinflussung der Spross- und Wurzelleistung der Zwischenfruchtbestände durch das Bestellverfahren nachgewiesen werden. Dabei dürfte sich unter Trockenbedingungen die gleichmäßige Durchwurzelung der Krume in den Pflugvarianten stärker auf die Ertragsbildung auswirken als im feuchten Herbst 2008. Eine höhere Sprosstrockenmasse, bedingt durch ein ordentliches Saatbett, führt zu einem höheren Biomasseeintrag in den Boden. Die Nährstoffkonservierung für die Folgekultur wie auch eine Förderung des Bodenlebens und somit der Humusdynamik können hierbei über ein an das Gemenge angepasstes Bestellverfahren positiv beeinflusst werden.

Literatur

Böhm W. 1979: Methods of Studying Root Systems; Springer Verlag, Heidelberg.

Newman E. 1966: A method of estimating the total length of root in a sample. J. appl. Ecol. 3: 133-145.

Pflanzenbauliche Optionen unter wasserlimitierten Standortbedingungen am Beispiel von Winterroggen

Michael Baumecker & Frank Ellmer

Einleitung

Unter wasserlimitierten Standortbedingungen müssen acker- und pflanzenbauliche Ansätze gesucht werden, um die Wasserverfügbarkeit für die Pflanzenbestände zu verbessern. Auf sandigen Standorten stehen dabei die Faktoren Humushaushalt, Bodenbearbeitung, Saatzeit und -dichte sowie Zusatzberegnung im Mittelpunkt des Interesses. Aus verschiedenen Feldversuchen werden dazu Ergebnisse für Winterroggen zusammengestellt.

Material und Methoden

Am Standort Thyrow (Kreis Teltow-Fläming, Brandenburg) werden unter den Bedingungen eines schwach schluffigen Sandbodens (2,7 % Ton, 0,52 % C_{org}, 11,6 mm dm⁻¹ nFK) Feldversuche mit Winterroggen unter den Prüffaktoren Bodenbearbeitung, Saatzeit und -dichte, Düngung und Zusatzbewässerung durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Unter wasserlimitierten Standortbedingungen ist der speicherbare Bodenwasservorrat eine wesentliche Voraussetzung für die Ertragsbildung. Dieser wird durch den Gehalt an organischer Bodensubstanz maßgeblich beeinflusst. Die Ergebnisse eines statischen Düngungsversuchs zeigen, dass der Humushaushalt auf schwach schluffigem Sandboden in direkter Beziehung zum Anteil an Mittelporen und damit zur Feldkapazität steht (Tab. 1).

Tab. 1: C_{org}-Gehalt und bodenphysikalische Parameter eines schwach schluffigen Sandbodens nach langjährig differenzierter Düngung (Benthin 1992)

Prüfglied	C _{org} (%)	GPV (%)	MP (%)	FÄ (Vol.-%)	nFÄ (Vol.-%)
Ungedüngt	0,42 a	48,2 a	3,9 a	21,6 a	17,8 a
NPKCa	0,48 b	47,6 a	4,5 a	22,6 a	18,8 a
Stallmist	0,57 b	49,8 a	5,4 a	23,5 a	19,3 a
Stallmist+NPKCa	0,72 b	49,1 a	6,9 b	25,5 b	20,5 b

Verschiedene Systeme der Bodenbearbeitung und Bestellung wirken sich unter anderem auch auf den Bodenwasserhaushalt aus. In einem Feldversuch zum Vergleich von Pflugsaat, Mulchsaat und Direktsaat wird die Dynamik des Bodenwassergehaltes unter Winterweizen gemessen. Im Verlauf von 12 Wochen wurden nach Pflugsaat stets die geringsten und nach Direktsaat die höchsten Werte festgestellt (Abb. 1). Beide Optionen unterstützen eine Wasser konservierende Bewirtschaftung des Sandbodens, die Stewart (2008) für nachhaltiges Landmanagement in Trockengebieten postuliert.

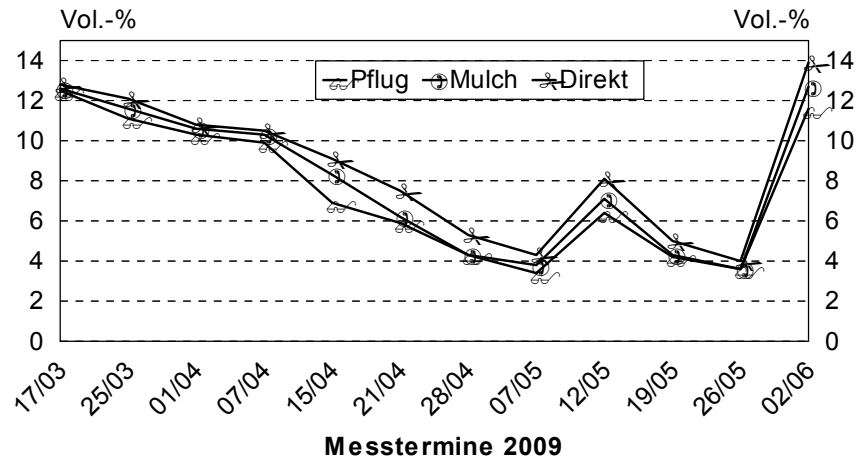


Abb. 1: Bodenfeuchteverlauf in 20 cm Bodentiefe unter Winterweizen nach Pflug-, Mulch- und Direktsaat

Zusatzbewässerung ist auf schwach schluffigem Sandboden auch im Getreidebau eine effektive Maßnahme zur Verbesserung der Ertragsfähigkeit. Mit standorttypisch ausreichender Stickstoffdüngung von 120 kg ha^{-1} wurden bei Winterroggen im 10-jährigen Versuchsmittel mit Populationssorten 18 % Mehrertrag erzielt. Bei Wintergerste waren es entsprechend 25 % (Abb. 2).

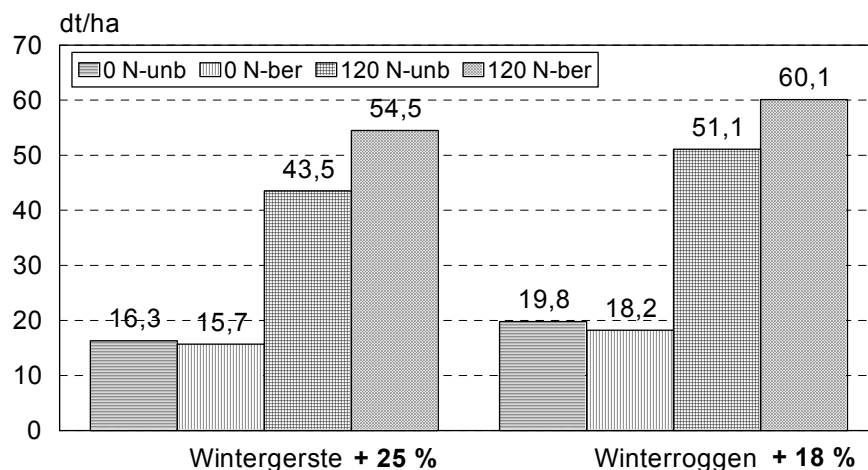


Abb. 2: Einfluss von Stickstoffdüngung und Beregnung auf den Ertrag von Wintergerste und Winterroggen auf schwach schluffigem Sandboden (Mittel 1999 – 2008)

Die Kombination von Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes und Zusatzbewässerung bietet Voraussetzungen für eine höhere Ausschöpfung des Ertragspotenzials von Getreide auf schwach schluffigen Sandböden.

Literatur

- Benthin, M. 1992: Einfluss langjährig differenzierter organisch-mineralischer Düngung auf den Humushaushalt und bodenphysikalische Eigenschaften eines schwach schluffigen Sandbodens. Dipl.-Arb., Humboldt-Univ. Berlin
- Stewart, B.A. 2008: Water conservation and water use efficiency in drylands. In: Conservation Agriculture for Sustainable Land Management to improve the Livelihood of People in Dry Areas. Damascus. 57-66.

Samenbanken – Ressourcen für künftige Pflanzenforschung

Andreas Börner, Manuela Nagel, Mian Abdur Rehman Arif, Arne Brathuhn,
Aliakbar Mohammadi & Ulrike Lohwasser

Einleitung

Einer Schätzung der FAO zufolge lagern in Genbanken weltweit mehr als 6 Millionen Muster (Akzessionen) pflanzengenetischer Ressourcen. Mit ca. 790.000 Akzessionen stellt der Weizen die größte Gruppe dar, gefolgt von Gerste (490.000 Akzessionen) und Reis (420.000 Akzessionen). Eine der umfangreichsten Sammlungen weltweit, die bundeszentrale *ex situ* Genbank für landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzte Kulturpflanzen, befindet sich am Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben. Dort werden insgesamt 148.000 Muster aufbewahrt. Neben den Getreiden, die etwa 65.000 Muster umfassen, sind auch andere Fruchtartengruppen vertreten wie beispielsweise Hülsenfrüchte (28.000 Sippen), Gemüse und Kürbisgewächse (18.000 Sippen), Kartoffeln (6.000 Sippen) oder Heil- und Gewürzpflanzen (6.000 Sippen). Mit Ausnahme weniger Arten sind die Sortimente als Saatgutmuster im Samenkühllagerhaus der Genbank gelagert (Börner 2006).

Die Aufgaben der Genbank haben sich in den letzten Jahren vom Aufsammeln und Aufbewahren hin zur Charakterisierung und Auswertung des umfangreich vorhandenen Materials verschoben. Einen Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten bildet die Untersuchung zur Langlebigkeit von Samen als Voraussetzung für eine künftige Nutzung der Sammlungen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen zur Langlebigkeit von Saatgut wurden an insgesamt vier Gattungen/Arten durchgeführt. Diese sind zusammen mit der Anzahl der untersuchten Akzessionen, den Erntejahren sowie den Lagerungsbedingungen (Temperatur) in Tabelle 1 aufgelistet. Eine erste Prüfung der Keimfähigkeit fand in einem Zeitraum von einem bis vier Jahren nach der Ernte statt. Wiederholt wurden die Akzessionen in den Jahren 1993 bis 1998 und 2008/2009 geprüft (Abb. 1).

Tab 1: Pflanzenarten, Anzahl, Erntejahre und Lagerungstemperatur der geprüften Akzessionen (* *Secale sp.* = *Secale cereale* und *Secale strictum*)

Pflanzenart (-gattung)	Anzahl untersuchter Akzessionen	Erntejahre	Lagerungstemperatur
<i>Triticum aestivum</i>	55	1974	0°C
<i>Hordeum vulgare</i>	55	1974	0°C
<i>Secale sp.*</i>	49	1982	0°C, seit 1998 -15°C
<i>Linum usitatissimum</i>	55	1978	-15°C

Die Keimprüfungen erfolgten in Anlehnung an die ‚Internationalen Vorschriften zur Prüfung von Saatgut‘ nach ISTA. Die Samen verblieben für 7-14 Tage auf dem Jacobsen-Apparat RUMED Typ 5301. Die Temperatur betrug 25±2 °C am Tag (14 h Licht) und 23±2°C in der Dunkelphase.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt. Bei *Hordeum* und *Triticum* schwankten die Keimraten bei der Erstauszählung zwischen 90 und 100 % bzw. 70 und 100 %. Nach ca. 20 Jahren und insbesondere nach 35 Jahren Lagerung war eine deutliche Differenzierung zwischen den geprüften Akzessionen zu erkennen. Während einzelne Saatgutpartien ihre Keimfähigkeit komplett verloren hatten, war sie bei anderen Mustern unverändert hoch (>90 %). Ähnliche Ergebnisse wurden für *Secale* erzielt. Allerdings waren hier nach ca. 30 Jahren Lagerung alle geprüften Muster auf Keimraten ≤ 60 % abgefallen und das, obwohl das Material seit ca. 10 Jahren bei -15°C lagerte. *Linum* dagegen, gelagert seit 30 Jahren bei ausschließlich -15°C , zeigte Keimfähigkeiten von ≥ 60 %. Dennoch war auch hier die Tendenz einer Zunahme der Differenzierung zu beobachten.

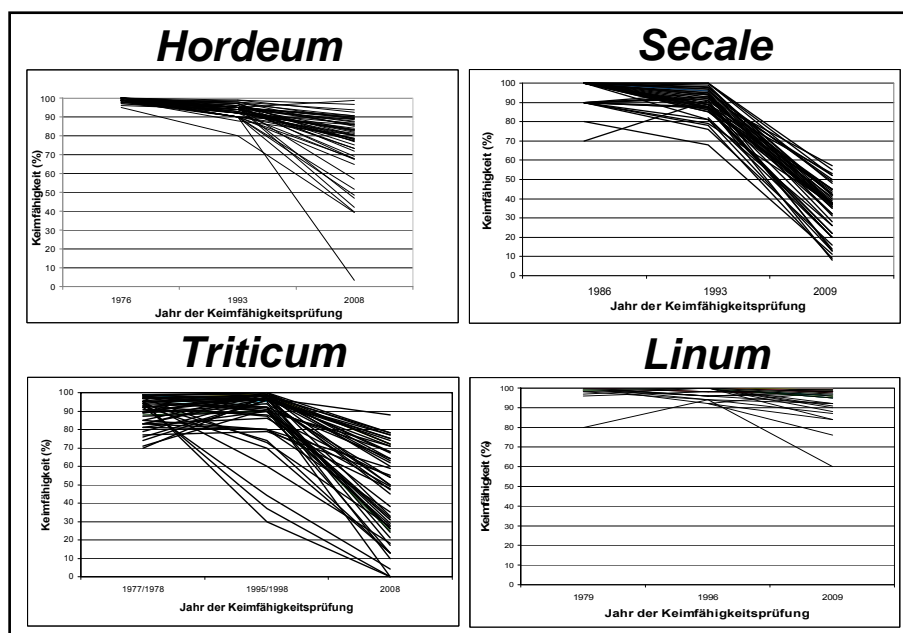


Abb. 1: Monitoring der Keimfähigkeiten von Akzessionen der Gattungen *Hordeum* (Nagel et al. 2009), *Triticum*, *Secale* und *Linum*.

Da es sich innerhalb der untersuchten Arten um Material der gleichen Erntejahre handelt und die nachfolgende Ernte, Saatgutaufbereitung sowie anschließende Langzeitlagerung analog verliefen, können Umwelteinflüsse während des Anbaus, der Ernte bzw. Verarbeitung und Lagerung weitestgehend vernachlässigt werden. Die aufgefundene Variabilität hat somit eine genetische Ursache. Erste Untersuchungen zur Vererbung des Merkmals Langlebigkeit wurden bei Gerste initiiert (Nagel und Börner 2009, Nagel et al. 2009).

Literatur

- Börner, A. 2006: Preservation of plant genetic resources in the biotechnology era. *Biotechnology Journal* 1: 1393-1404.
- Nagel, M. und A. Börner 2009: Genetische Hintergründe zur Langlebigkeit von Gerste. *Mitt. Ges Pflanzenbauwiss.* 21, gleicher Tagungsband.
- Nagel, M.; H. Vogel; S. Landjeva; G. Buck-Sorlin; U. Lohwasser; U. Scholz und A. Börner 2009: Seed conservation in *ex situ* genebanks – genetic studies on longevity in barley. *Euphytica*, online published DOI 10.1007/s10681-009-9975-7.

Bodensamenvorrat, quo vadis? Verbleib von Samen (*Raps*, *Brassica napus*) und Plastikpellets bei langjährig unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung

Sabine Gruber & Wilhelm Claupein

Einleitung

Die Bestimmung des Bodensamenvorrats bedeutet zwangsläufig nur eine Momentaufnahme der Samenmenge und deren vertikaler Verteilung im Boden. Der langfristige Einfluss von Bodenbearbeitung auf die Tiefenverteilung sowie auf natürliche Abgänge aus dem Bodensamenvorrat über einen längeren Zeitraum gehen daraus nicht hervor. Um diese Prozesse im Boden genauer beschreiben zu können, wurden in einem langjährigen Versuch Rapssamen (modellhaft für Unkrautsamen) und inerte Kunststoffpellets (als Referenzmaterial) auf einer Ackerfläche ausgestreut. Der Verbleib von Samen und Pellets wurde bei unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung über mehrere Jahre beobachtet.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim als Blockanlage mit sechs Varianten unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung in vier Wiederholungen angelegt (Tab. 1). 20.000 Samen m⁻² der Winterrapssorte Smart

Tab. 1: Varianten der Bodenbearbeitung (schematisch, Anpassungen in Zeit und Bearbeitungstiefe erfolgten je nach Witterung und Kulturart)

Stoppelbearbeitung	Grundbodenbearbeitung	Kürzel	Zeit
Dyna-Drive (8 cm)	Pflug (20 cm)	(S/P)	S: zeitnah Ernte, P: Oktober
—	Pflug (20 cm)	(-/P)	Oktober
Dyna-Drive (8 cm)	Grubber (18 cm)	(S/G)	S: zeitnah Ernte, G: Nov.
—	Grubber (18 cm)	(-/G)	November
Dyna-Drive (8 cm)	Rototiller (12 cm)	(S/RT)	S: zeitnah Ernte, RTT: Nov.
—	— (Direktsaat)	(-/—)	—

(hoch dormant) und 7.000 Kunststoffpellets m⁻² wurden einmalig im Sommer 2004 auf einer Haferstoppel in Parzellen von 10 × 18 m ausgestreut und anschließend jährlich variantengemäß bearbeitet. Die Fruchtfolge war im Zeitraum 2005 bis 2007 Winterweizen–Silomais–Hafer, in der Regel mit Senf als Zwischenfrucht. Im Sommer bzw. Herbst nach jeder Ernte wurden 40 Bodenproben je Parzelle in den Tiefen 0–10, 10–20 und 20–30 cm zur späteren Bestimmung der Samen- und Pelletmenge (Separierung über ein Nass-Siebgerät) gezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Nicht-wendende Bodenbearbeitung (S/G, -/G, S/RTT, -/-) verlagerte die Kunststoffpellets kaum, sodass mehr als 75 % davon über alle drei Jahre in einer Tiefe von 0–10 cm aufzufinden waren. Bei wendender Bodenbearbeitung (S/P, -/P) fand im ersten Probenahmejahr 2005 eine Verlagerung von rund 90 % der Pellets in Bodenschichten unter 10 cm statt (Abb. 1; Samen bzw. Pellets in der Schicht 20–30

cm wegen der geringen Menge nicht dargestellt). Im Folgejahr 2006 befanden sich durch die erneute Pflugtätigkeit 60–65 % der Pellets wieder im Bodenhorizont 0–10 cm, im Jahr 2007 rund 50 %. Die Gesamtmenge der Samen hatte sich in allen

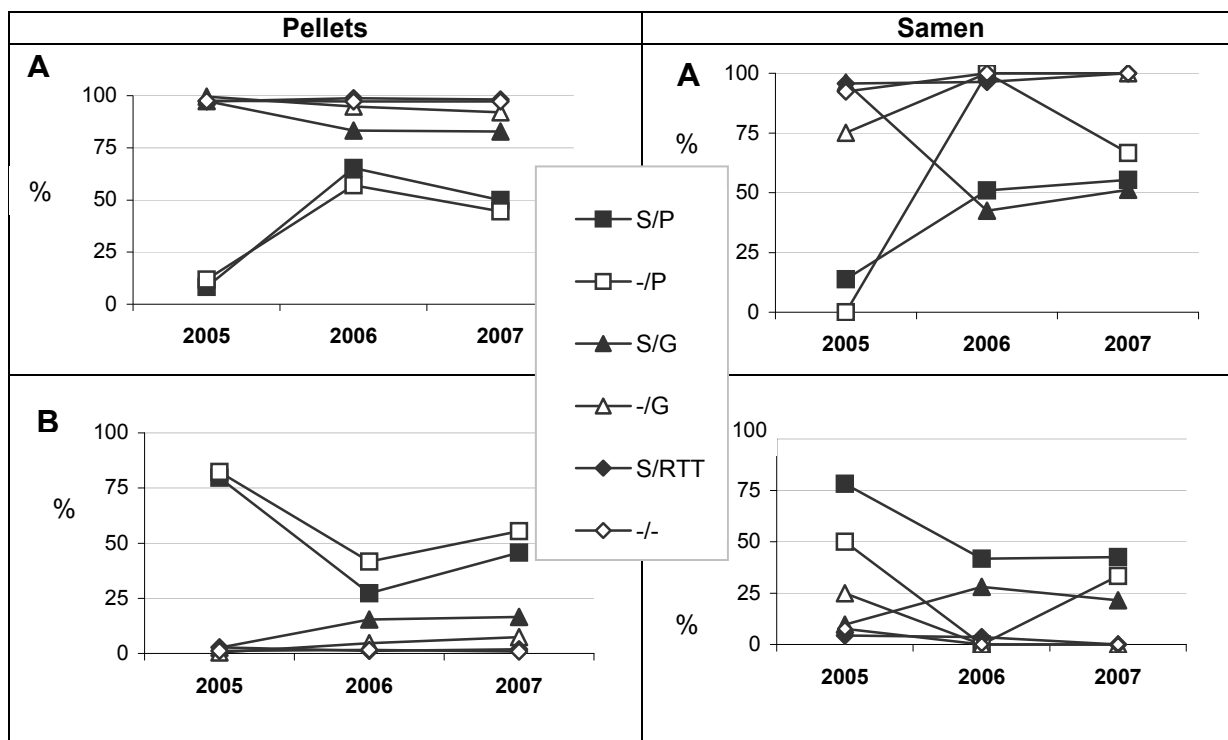


Abb. 1: Anteil (%) der Pellet- bzw. Samenmenge in einer Bodentiefe (A: 0–10 cm, B: 10–20 cm) an der gesamten Pellet- bzw. Samenmenge

Varianten ohne Stoppelbearbeitung bereits im ersten Jahr auf 2,5 % der ursprünglichen Samenmenge verringert, während mit maximal 17 % bei den Varianten mit Stoppelbearbeitung signifikant mehr Samen vorhanden waren (Gruber und Claupein 2006). Die vertikale Verteilung der Samen zeigte ähnliche Tendenzen wie die Verteilung der Pellets: oberflächennaher Samenvorrat bei nicht-wendender Bodenbearbeitung, tiefere Verlagerung (unter 10 cm) durch den Pflug im ersten Jahr. Sowohl bei Pellets als auch bei Samen zeichnet sich ab, dass beim Pflugeinsatz die vertikale Verlagerung des Gros der Partikel („Wieder-Hinaufpflügen“) langfristig von einer relativ gleichmäßigen Durchmischung in den Schichten 0–10 cm und 10–20 cm abgelöst wird. Bis auf die Variante S/P gab es tendenziell mehr Abgänge aus dem Samenvorrat in der Schicht 0–10 cm als in 10–20 cm Tiefe. Unter der Prämisse, dass Rapssamen maximal aus Bodentiefen von 8–10 cm auflaufen (Kohout und Soukup 1996), ist direkt nach dem Pflugeinsatz mit wenig auflaufenden Unkraut- bzw. Durchwuchspflanzen aus dem aktuellen Sameneintrag zu rechnen. Die Werte fließen in Modelle zur Dynamik des Bodensamenvorrats ein.

Literatur

Gruber, S. und W. Claupein 2006: Effect of soil tillage intensity on seedbank dynamics of oilseed rape compared with plastic pellets as reference material. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Special Issue XX, 273–280.

Kohout, V. und J. Soukup. 1996: Problematik von Winterraps (*Brassica napus* L.) als Unkrautpflanze und einige Möglichkeiten ihrer Lösung. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Special Issue XV, 191–193.

Transformation von Robusta-Kaffee (*Coffea canephora* Pierre) zu Rambutananbau (*Nephelium lappaceum* L.) in der Region Soconusco, Chiapas, Mexiko

Helmut Eißner, Axel Henning* & Jürgen Pohlan**

Einleitung

Die Region Soconusco des Bundesstaates Chiapas ist von der landwirtschaftlichen Produktion geprägt. Die wichtigsten im Anbau befindlichen Kulturen sind Kaffee (*Coffea arabica* L., *Coffea canephora* P.) auf 76.305 ha, Mais (72.000 ha), Zuckerrohr (14.000 ha) und Soja (10.000 ha). Im Obstanbau auf einer Fläche von 31.500 ha dominieren Mango (11.000 ha), Obstbananen (9.000 ha), Kochbananen (4.000 ha), Papaya (1.500 ha) und Kaschunuss mit 1.500 ha (Pohlan et al., 2007). Die Weltmarktpreise für Arabica-Kaffee unterlagen in den letzten zwei Jahrzehnten starken Schwankungen bei insgesamt sinkender Tendenz. Dies verschlechterte die wirtschaftliche Lage der Kaffeebauern und hatte negative soziale Folgen für die gesamte Region. Andererseits liegt in den Kaffeeanbauzonen ein großes Potenzial zum Übergang in eine nachhaltige Bewirtschaftungsform durch andere Dauerkulturen. In den neunziger Jahren kristallisierte sich die Obstart Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) als geeignete Dauerkultur für die Kaffeezone bis 700 m über NN heraus (Vanderlinden et al., 2004).

Material und Methoden

In den Jahren 2004 bis 2006 wurden im größten Rambutananbaubetrieb Mexikos (Finca San Alberto & Bolivar) an Mischkulturen von Robusta-Kaffee und Rambutan Felduntersuchungen durchgeführt, die den Umbau zu reinen Rambutanbeständen analysierten. Schwerpunkte waren: (i) Erfassung der Standortcharakteristika der Finca San Alberto & Bolivar; (ii) Bestimmung der zeitlichen und räumlichen Kriterien der Bestandesführung während der Etablierungs- und Wachstumsphase des Rambutan; (iii) Ermittlung der standortüblichen obstbaulichen Methoden und Maßnahmen für den Anbau von Robusta-Kaffee in Mischbeständen mit Rambutan; (iv) Entwurf eines Transformationsmodells unter pflanzenbaulichen, ökologischen und sozioökonomischen Gesichtspunkten während der Umgestaltung von Robusta-Kaffee-Beständen zu reinen Rambutanbeständen.

Die Finca San Alberto & Bolivar (15°01 n. Br. und 09°09 w. L.; 600 m über NN) befindet sich in der Region Soconusco im Municipium Cacahohatán in Chiapas, Mexiko. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge beträgt 4.151 mm bei monatlichen Durchschnittstemperaturen zwischen 25,8 °C im Juni und 28,0 °C im April. Der dominierende Bodentyp ist ein Acrisol. Er weist aufgrund seiner sandigen Textur gute Drainageeigenschaften auf und verfügt über einen hohen Gehalt an organischem Material in der Bodenschicht bis 30 cm Tiefe.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SPSS 12.0. Bei Normalverteilung ($P < 0,5$) wurden die Mittelwerte der einzelnen Prüfglieder als Scheffé-Test verrechnet.

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Lehr- und Versuchsstation Halle, Julius-Kühn-Str. 24, 06112 Halle (Saale)

* Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, Dezernat 23 – Pflanzenschutz
Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg

**Nordpromenade 11, 06246 Bad Lauchstädt

Ergebnisse und Diskussion

Zur Aufklärung des Wachstumsverlaufes und der Ertragsstruktur wurden die Bestandesparameter zunächst im Reinbestand analysiert. Diese Daten dienen unter Berücksichtigung der standortüblichen Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Virtualisierung des Zielbestandes nach dem Transformationsprozess hin zu einem nachhaltig gestalteten Rambutanbestand. Die Entwicklung und das Wachstum der Rambutanbäume während der Transformation wurden maßgeblich von den praktizierten pflanzenbaulichen Maßnahmen beeinflusst. Zu den wichtigsten Faktoren der Transformation zählen: die Verwendung von hochwertigem, vegetativ vermehrtem Pflanzgut; eine ausreichende, zeitlich abgestimmte Nährstoff- und Wasserversorgung der Bäume sowie ein auf das Alter des Bestandes abgestimmtes Unkrautmanagement. Zur Sicherung der Fruchtqualität gemäß internationaler Standards sind zusätzlich strukturierte Erziehungsmaßnahmen im Bestand während der gesamten Nutzungszeit und letztendlich eine schonende Ernte und Nacherntebehandlung erforderlich. Der durchschnittliche Nettogewinn von einem Hektar Robusta-Kaffee lag in den Jahren 2000 und 2002 in der Finca San Alberto & Bolivar bei 4.431 Mex. Pesos. Die ökonomische Zusammenstellung der Kosten und Einnahmen während der Transformation zeigt die ökonomischen Vorteile der Umstellung auf Rambutan. Es ist mit Investitionskosten von 107.830 Pesos pro Hektar im Jahr der Pflanzung des Rambutan zu rechnen. Die ersten Einnahmen durch Rambutan ab dem dritten Anbaujahr liegen mit 15.945 Pesos je Hektar bereits deutlich über denen des Robusta-Kaffees im Vollertrag. Bei einer Gesamtbilanzierung ergibt sich nach dem sechsten Anbaujahr schon ein Nettogewinn von 36.850 Mex. Pesos pro Hektar (Tab. 1).

Tabelle 1: Ökonomische Betrachtung der Transformation (pro ha, mit 123 RambutanBäumen, in Mex. Pesos; 12,50 Pesos = 1,00 €)

Jahr	Kosten		Einnahmen		Gewinn	Gewinn
	Kaffee	Rambutan	Kaffee	Rambutan	Jahr	kumulativ
1	2.534	107.830	4.431	0	-105.933	-105.933
2	1.689	6.360	2.954	0	-5.095	-111.028
3	1.689	12.320	2.954	27.000	15.945	-95.083
4	844	14.880	1.477	33.000	18.753	-76.330
5	0	17.340	0	60.000	42.660	-33.670
6	0	19.480	0	90.000	70.520	36.850
7	0	23.500	0	120.000	96.500	133.350
8	0	26.809	0	171.000	144.191	277.541
9	0	30.856	0	195.000	164.144	547.618
10	0	31.848	0	210.000	178.152	730.865

Literatur

- Vanderlinden E.J.M.; H.A.J. Pohlen und M.J.J. Janssens 2004: Culture and fruit quality of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) in the Soconusco region, Chiapas, Mexico. *Fruits* 59: 339-350.
- Pohlen, H.A.J.; W. Gamboa Moya; D. Salazar Centeno; F. Marroquín Agreda; M.J.J. Janssens; A. Leyva Galán; E. Guzmán; E. Toledo Toledo; R. Gómez Álvarez 2007: Fruticultura orgánica en el trópico: Situación y ejemplos de Mesoamérica. *Journal of Agriculture and Rural Development in the tropics and subtropics* 108: 125-150.

Einfluss der aufgenommenen Strahlung während Blüte und Kornfüllung auf den Ertrag von Winterweizen

Ulf Böttcher & Henning Kage

Einleitung

Während die Erträge von Winterweizen in den 1970er und 1980er Jahren sowohl im Landesschnitt von Schleswig-Holstein als auch deutschlandweit um ca. 1,5 dt / (ha * Jahr) stiegen, haben die Ertragssteigerungen in den letzten Jahren deutlich nachgelassen. Die Erträge in einzelnen Jahren werden neben dem langfristigen Trend, aber auch durch die Jahreswitterung bestimmt und schwanken landesweit in einem Bereich von ± 10 dt/ha; für einen einzelnen Standort gehen die Ertragschwankungen noch deutlich darüber hinaus. Insbesondere Jahre wie 2007 mit guter Entwicklung der Bestände nach mildem Winter und dennoch stark unterdurchschnittlichen Erträgen sowie 2008 mit stark überdurchschnittlichen Erträgen nach verzögerter Frühjahrsentwicklung werfen die Frage nach Zusammenhängen zwischen Jahreswitterung und Ertrag auf.

Anhand von Ertragsdaten des Versuchsgutes Hohenschulen bei Kiel soll im Folgenden eine modellgestützte Analyse der größtenteils witterungsbedingten Ursachen für diese Ertragsschwankungen vorgestellt werden.

Material und Methoden

Mit Winterweizenertragsdaten aus einem auf dem Versuchsgut Hohenschulen der CAU Kiel durchgeführten Stickstoffsteigerungsversuch (0 - 360 kg N / ha in jeweils 3 Abstufungen der einzelnen Teilgaben; Erntejahre 1996 bis 2002: Diplomat, 1996 bis 2004: Ritmo, 2005 bis 2008: Tommi) wurden mit einer quadratischen Regression die theoretischen Maximalerträge bei optimaler Stickstoffdüngung berechnet.

Anhand der Witterungsdaten dieser Jahre wurde mit einem Phänologiemodell (Johnen et al. 2006) die phänologische Entwicklung berechnet. Das Modell ist im Wesentlichen temperatursummenbasiert, die Umstimmung in die generative Phase wird jedoch durch die Wirkung von Vernalisation und Photoperiode gesteuert. Mittels linearer Regression wurde nach Beziehungen zwischen der kumulierten Strahlung in einzelnen Entwicklungsabschnitten und dem berechneten Maximalertrag gesucht.

Ergebnisse und Diskussion

Mit dem Phänologiemodell ließ sich nachvollziehen, dass der Beginn des Ährenschiebens (EC 50) für den Standort Hohenschulen in den Jahren 1996 bis 2008 um 23 Tage variiert. Auch die Länge einzelner Entwicklungsphasen variiert zwischen den Jahren (Tab. 1). Ab EC 50 ergeben sich für die Hohertragsorten Tommi und Ritmo signifikante Beziehungen zwischen Strahlung und Ertrag. Die engste Korrelation weist die Phase EC 69 bis EC 75 auf. Diese dauert jedoch nur wenige Tage, so dass der Fehler der berechneten Strahlungssummen relativ hoch sein kann. Auch für den gesamten Zeitraum EC 50 bis EC 75 ergibt sich eine signifikante Beziehung (Abb.1), aus der jedoch einzelne Jahre (1998, 2002, 2007) mit Mindererträgen herausfallen. Für die alte Qualitätssorte Diplomat ist dieser Zusammenhang nicht signifikant.

Tab. 1: Lineare Korrelation der Erträge zur Strahlung in bestimmten Entwicklungsphasen für die neueren Hohertragsorten Ritmo und Tommi sowie die alte Qualitätssorte Diplomat und Dauer dieser Phasen in den unterschiedlichen Jahren.

	Dauer [Tage]	Ritmo+Tommi			Diplomat		
		r ²	m	b	r ²	m	b
EC37 - EC50	11-19	0.10 ^{ns}	0.06	85.0	0.11 ^{ns}	0.03	71.3
EC50 - EC69	13-19	0.50**	0.16	57.8	0.15 ^{ns}	0.04	69.1
EC69 - EC75	5-9	0.69***	0.38	50.0	0.62*	0.19	55.1
EC50 - EC75	21-29	0.59**	0.13	48.7	0.28 ^{ns}	0.04	63.7
EC50 - EC85	39-53	0.33*	0.06	57.3	0.14 ^{ns}	0.02	68.5

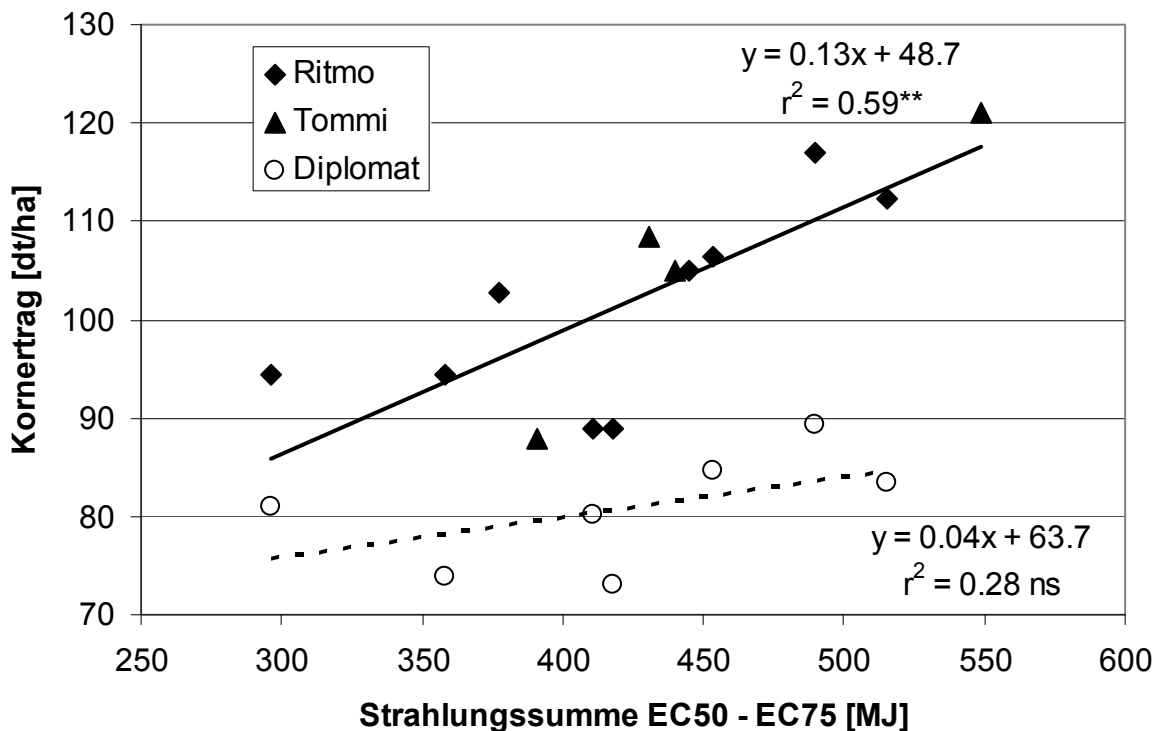


Abb. 1: Beziehung des Kornertrags zur Strahlungssumme in der Phase von Beginn des Ährenschiebens (EC 50) bis zur Mitte der Milchreife (EC 75) für die neueren Hohertragsorten Ritmo und Tommi sowie die alte Qualitätssorte Diplomat.

Die Strahlungssumme vom Beginn des Ährenschiebens (EC 50) bis zur Milchreife (EC 75) hat also einen wichtigen Einfluss auf den Ertrag. Höchsterträge moderner Sorten sind offenbar nur zu realisieren, wenn nicht nur zur Blüte, sondern auch noch während der Kornfüllung in ausreichendem Maße Strahlung aufgenommen und Assimilate gebildet werden können. Abweichungen von diesem Zusammenhang lassen sich zumindest teilweise durch Witterungseinflüsse wie Trockenstress oder hohe Niederschläge (1998, 2002, 2007) in der Abreife erklären.

Literatur

Johnen, T.; U. Böttcher; E. Jörg und H. Kage 2006: Parametrisierung und Evaluierung zweier Phänologiemodelle für Winterweizen anhand umfangreicher, mehrjähriger, mehrortiger Versuchsdaten. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18, 244-245.

Witterung und Kartoffelertrag unter heutigen und künftigen Klimabedingungen

Thomas Kunze, Regina Schenk & Frank-Michael Chmielewski

Einleitung

Der Klimawandel ist seit langem ein in der Politik und Wirtschaft diskutierter Faktor. Für Brandenburg ist neben dem für die Zukunft zu erwarteten Anstieg der Lufttemperatur vor allem die Verlagerung der Niederschläge aus dem Sommer- in das Winterhalbjahr von Bedeutung. Auf den in der Region vorherrschenden sandigen Böden könnte es somit während der Vegetationszeit zu deutlichen Defiziten im Bodenwasserhaushalt kommen. Problematisch sind ebenfalls extreme Witterungsschwankungen, die vermehrt auftreten und unmittelbare Wirkungen in der Landwirtschaft zeigen. Bei der Kartoffel sind aufgrund von Wassermangel und hohen Lufttemperaturen während des Knollenwachstums Mindererträge möglich.

Ziel der Arbeit war es, anhand von langjährigen Erhebungen zahlreicher pflanzenbaulicher und meteorologischer Größen eine Analyse der vielfältigen Beziehungen zwischen Witterungsverlauf sowie Wachstum, Entwicklung und Ertragsbildung vorzunehmen.

Material und Methoden

Das agrarmeteorologische Ertragsfeld wurde 1953 durch Ernst Tamm, den damaligen Direktor des Instituts für Acker- und Pflanzenbau am Standort Berlin-Dahlem, begründet. Es besteht aus acht Parzellen, die um eine automatische Klimastation in der Mitte angeordnet sind. Auf den Parzellen wurden von 1953-2008 in jährlicher Rotation Kartoffeln, Winterroggen, Ackerbohnen, Hafer, Zuckerrüben, Körnermais, Sommergerste und Gelbe Süßlupine angebaut (Chmielewski und Köhn 1999). Als Ertragsparameter wurden im Untersuchungszeitraum 1982 bis 2005 der Knollenertrag und das Kartoffelkraut in Frischmasse sowie die Trockenmasse von Kartoffelknollen und Kraut aufgenommen und untersucht. Des Weiteren wurden die Knollenanzahl und die Frischmasse des Einzelknollengewichtes sowie der Stärke- und Trockensubstanzgehalt der Kartoffelknollen erhoben.

Für die Untersuchung zur Witterungsabhängigkeit der Ertragsbildung wurden die Daten der zum Versuch gehörenden Klimastation verwendet. Die Datengrundlage bilden die Witterungselemente: Sonnenscheindauer, Lufttemperatur, potentielle Verdunstung nach Haude und Niederschlagshöhe. Aus den oben genannten Witterungsdaten wurden verschiedene Parameter berechnet (Mittelwerte, Summen, Anzahl von Tagen über einem Schwellenwert etc.), die auf die phänologische Entwicklung normiert wurden. Hierbei wurden folgende Entwicklungszeiträume berücksichtigt: P1: Pflanzung bis Aufgang, P2: Aufgang bis Blühbeginn, P3: Blühbeginn bis Ernte sowie der Gesamtzeitraum PG: Pflanzung bis Ernte.

Mittels Korrelationsanalyse wurden die Beziehungen zwischen den Witterungsgrößen und dem Kartoffelertrag untersucht. Nachfolgend wurden diese Zusammenhänge durch ein multiples Regressionsmodell dargestellt. Dieses statistische Modell kann darüber hinaus dazu verwendet werden, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Erträge der Kartoffel abschätzen zu können.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ertragsentwicklung zeigt im Untersuchungszeitraum von 1982 bis 2005 einen positiven Trend ($y=275+6,875x$, $r=0,44^{**}$). Starke Ertragsschwankungen der einzelnen Jahre und geringe Erträge in Trockenjahren sind dabei kennzeichnend.

Bei der Klimaentwicklung sind innerhalb der untersuchten phänologischen Zeitabschnitte kaum signifikante Veränderungen der meteorologischen Parameter erkennbar. Lediglich im Zeitraum vom Knospenstadium bis Ernte ist ein signifikanter Anstieg der Lufttemperatur von 0.9 K zu verzeichnen ($p \leq 0,05$). Die Trends in der Niederschlagshöhe sind nicht signifikant (Tab. 1).

Tab. 1: Trends von Lufttemperatur (T) und Niederschlagshöhe (NS) innerhalb der untersuchten Abschnitte sowie im Gesamtzeitraum PG, 1982-2005 (** $p < 0.05$)

Meteorologische Größe	Pflanzung bis Aufgang	Aufgang bis Blühbeginn	Blühbeginn bis Ernte	Pflanzung bis Ernte
T (K)	- 0,1	- 0,5	+ 0,9**	+ 0,5
N _s (mm)	- 12,1	- 29,5	+ 104,0	+ 62,3

Die Untersuchungen zur Wechselwirkung von Klima und Ertrag zeigen, dass die Witterung zur Ausbildung der Ertragskomponenten eine entscheidende Rolle spielt. Der jährliche Ertrag wird durch sie signifikant beeinflusst. Die hohen signifikanten Korrelationen zwischen den meteorologischen Größen und den Knollenerträgen kennzeichnen gut die Witterungsansprüche der Kartoffelpflanze in den einzelnen Wachstums- und Entwicklungsphasen. Dabei reagiert die Kartoffel besonders negativ auf steigende Temperaturen während der Hauptwachstumsphase. Andererseits fördert eine hohe Wasserversorgung zur Zeit des Knollenansatzes den Endertrag beträchtlich. Aufbauend auf diesen Voruntersuchungen konnte ein multiples Regressionsmodell mit 4 Regressoren aufgestellt werden, mit dem über 75 % der Varianz des Kartoffelertrages im Zeitraum 1982 bis 2005 auf den Witterungsverlauf zurückgeführt werden kann (Tab. 2).

Tab. 2: Lineares multiples Regressionsmodell zwischen Witterungsgrößen (N_T: Tage mit Niederschlag, V_s: Verdunstungssumme, N_s: Summe der Niederschlagshöhe, K: Regressionskonstante) in verschiedenen Zeitabschnitten und dem Knollenertrag der Kartoffel (Frischmasse) im Zeitraum von 1982 – 2005, R²=76,6 %

Phasen	Parameter	Schätzwert	p-Wert	Fehler
	K	321,18	0,006	102,70
P1	N _T	14,25	0,002	4,06
P2	V _s	-1,54	0,012	0,55
P3	V _s	-0,46	0,023	0,19
	N _s	1,05	0,000	0,18

Literatur

Chmielewski, F.-M. und W. Köhn 1999: The long-term agrometeorological field experiment at Berlin-Dahlem. *Agricultural and Forest Meteorology* 96: 39-48.

Studying the microclimate in a maize intercropping system

Sebastian Munz, Til Feike, Simone Graeff-Hönninger & Wilhelm Claupein

Introduction

Intercropping, the cultivation of two or more crops in the same field is a traditional production system in the North China Plain (Zhang and Li 2003). Due to drastic socio-economic changes in the last years the future of this sustainable production system is endangered. New high yielding intercropping systems that can easily be mechanized have to be developed. Crop growth models provide a powerful tool to optimize agricultural production systems. For simulation of monoculture systems a huge variety of plant models exist. The DSSAT model is widely used for optimizing irrigation and soil fertility management (Jones et al. 2003). However, as DSSAT is not a functional-structural model, and plant height is not considered in the model, the simulation of intercropping is explicitly difficult. The interactions of the two crops in an intercropping system have to be represented in the model. Intercropping of vegetables and maize is widely practiced in China. The combination of a small leafy vegetable with the taller maize offers a good opportunity to study the effects on microclimate.

Materials und methods

A Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*) – maize (*Zea mays* L.) strip intercropping experiment was conducted at Hohenheim University's research station "Ihinger Hof" in 2009. The two crops were planted in strips with four replications in a sequence. Maize was planted in strips of 8x30 m² (inter-row distance of 75 cm) and Chinese cabbage in strips of 10x30 m² (inter-row distance 50 cm and interplant distance of 50 cm). Three sets of Chinese cabbage were planted from spring to autumn 2009. Various climate parameters were recorded continuously in a 15min interval in certain distances from the neighboring crop. In the Chinese cabbage strips wind speed was measured above the plant canopy, in maize the sensors were adjusted at $\frac{3}{4}$ of plant height. Soil moisture was checked in 20 cm depth, additionally soil temperature in 5 and 10 cm respectively. Plant growth parameters (plant height, development stage and leaf number) as well as PAR were determined weekly. All growth and plant parameters of both crops, e.g. fresh and dry weight, height and diameter, leaf area and total N were destructively measured.

Results and discussion

This paper concentrates on the results of the first Chinese cabbage set. Weekly averages of all microclimate parameters were used to determine spatial and temporal changes in the intercropping system. In the figure below wind speed and soil moisture of the first and third row of both crops can be seen. Two dates are compared, week six and week nine after sowing of maize. In week six maize plant height was about 30 cm in average and 110 cm in week nine respectively. With increasing maize height a windbreak effect reducing wind speed towards the center of the maize plots can be observed.

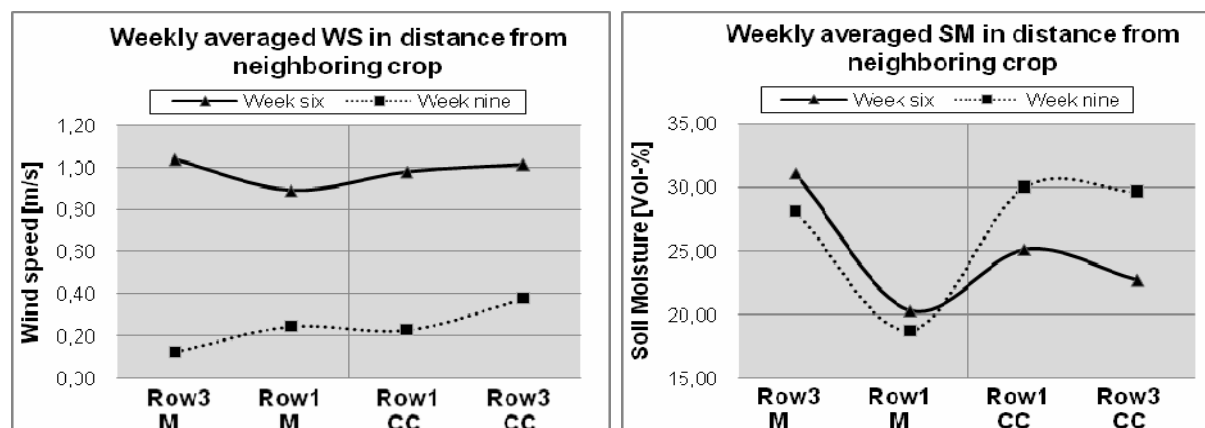


Fig. 1. Weekly averaged wind speed (left) and soil moisture (right) in row one and three of maize (M) and Chinese cabbage (CC) in week six and nine after sowing of maize

As the Chinese cabbage had been growing already for two weeks prior to the sowing of maize, soil water content was significantly lower in the Chinese cabbage plots in week six. Comparing the first row of maize and Chinese cabbage soil moisture is lower in maize. We assume that Chinese cabbage roots spread into the maize plots and additionally absorbed water. After the harvest of the first set of Chinese cabbage in week nine a reverse tendency can be observed. The maize continued absorbing water while at the same time the Chinese cabbage plots lay fallow for three days and all incoming precipitation increased the soil water content. Similar tendencies were observed for soil temperature. Most incoming radiation was absorbed by the dense plant cover in the Chinese cabbage plots. On the contrary most radiation reached the soil in the maize plots in the first weeks, and thus soil temperature is increased. Due to increased plant height and leaf area a relative decrease in soil temperature was observed in the maize plots in week nine. PAR measurements didn't show significant differences in daily available photosynthetically active radiation until week nine. In the course of increasing plant height of maize shadowing of the Chinese cabbage rows close to the maize is assumed to affect growth and development significantly.

Outlook

In a next step the results of the experiment will be used to modify climate parameters accordingly in the DSSAT subprogramme WeatherMan to accurately reflect and simulate the microclimate observations in the field and crosscheck the models outputs with the measured plant data.

References

- Zhang, F. and L. Li 2003: Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency, *Plant Soil* 248, 305–312.
 Jones, J.W.; G. Hoogenboom; C.H. Porter; K.J. Boote; W.D. Batchelor; L.A. Hunt; P.W. Wilkens; U. Singh; A.J. Gijsman; J.T. Ritchie 2003: The DSSAT cropping model, *European Journal of Agronomy* 18, 235-265.

Vergleich von Reduktionsfunktionen zur Modellierung der aktuellen Transpiration unter wasserlimitierten Bedingungen

Gernot Bodner, Muhammad Anjum Iqbal* & Hans-Peter Kaul

Einleitung

In Simulationsmodellen werden unterschiedliche Ansätze zur Berechnung der Pflanzenwasseraufnahme, basierend auf Bodenfeuchte-abhängigen (semi-)empirischen Reduktionsfunktionen, verwendet. Ziel der Arbeit ist der Vergleich dieser in den Modellen DSSAT, CropSyst, HYDRUS 1D sowie FAO56 verwendeten Funktionen und die Diskussion ihrer Bedeutung für modellgestützte Bewässerungsstrategien.

Material und Methoden

Die Gleichungen zur Errechnung der aktuellen Transpiration (T_{akt}) der Modelle, ihre Parameter sowie die verwendete Parametrisierung sind in Tabelle 1 gegeben.

Tab. 1: Modellfunktionen und Parameter zur Errechnung der Transpiration

Modell	Gleichung	Parameter*
DSSAT	$T_{akt} = WLD \cdot z_r \cdot \frac{2,67 \cdot 10^{-3} \exp(62(\theta - \theta_{PWP}))}{6,68 - \ln(WLD)}$	WLD (Wurzellängendichte, $\text{cm} \cdot \text{cm}^{-3}$); z_r (Wurzeltiefe, cm); θ (Wassergehalt, $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$); θ_{PWP} (θ Perm. Welkepunkt)
CropSyst	$T_{akt} = K \cdot \frac{C_T}{1,5} (\psi_s - \psi_l); \quad C_T = \frac{1,5 \cdot WU_{max}}{\psi_{fc} - \psi_{sc} \cdot K}$ $\psi_l = \psi_s - \frac{1,5 \cdot T_p}{C_T} K$	K ($86400 \text{ sec} \cdot \text{d}^{-1}$); C_T (Max. Wurzeleitfähigkeit; $\text{kg} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-4}$); WU_{max} (Max. Wasseraufnahme, $\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$); T_p (Pot. Transpiration, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); ψ_s (Wasserpotential Boden, $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$); ψ_l (ψ Blatt); ψ_{fc} (ψ Feldkapazität); ψ_{sc} (ψ Stomatenschluss);
HYDRUS	$T_{akt} = T_p \cdot \alpha(\psi_s); \quad \alpha = 0 \quad \psi_s \geq \psi_1$ $\alpha = \frac{\psi_1 - \psi_s}{\psi_1 - \psi_2} \quad \psi_1 > \psi_s \geq \psi_2$ $\alpha = 1 \quad \psi_2 > \psi_s \geq \psi_3$ $\alpha = \frac{\psi_s - \psi_4}{\psi_3 - \psi_4} \quad \psi_3 > \psi_s \geq \psi_4$ $\alpha = 0 \quad \psi_4 > \psi_s$	$\alpha(\psi_s)$ Wasserpotential abhängige Reduktionsfunktion (0-1); $\psi_{1...4}$ (empirische Grenzwerte des Bodenwasserpotentials der Funktion, cm)
FAO56	$T_{akt} = T_p \cdot K_{cb} \cdot K_s;$ $K_s = \frac{TAW - D_r}{(1 - p)TAW} \dots D_r > RAW$	K_{cb} (Pflanzenkoeffizient); K_s (Reduktionskoeffizient); TAW (Pflanzenverfügbare Wassermenge, mm); D_r (Ausschöpfung der Profilwassermenge, mm); RAW (leicht verfügbare Wassermenge, $RAW = p \cdot TAW$, mm)

*Parametrisierung: z_r ...100 cm, WLD...1 $\text{cm} \cdot \text{cm}^{-3}$, WU_{max} ...0.1 $\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$, ψ_{sc} ...-1500 $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$, T_p ...5 mm, ψ_1 ...-15 cm, ψ_2 ...-35 cm, ψ_3 ...-700 cm, ψ_4 ...-15000 cm, K_{cb} ...1,5, p ...0,5.

Die Parametrisierung beschreibt die Kulturart Mais. Der Anfangswassergehalt wurde auf Feldkapazität gesetzt. Der Transpirationsverlauf wurde für drei Bodenarten simuliert, die sich in ihrer nutzbaren Feldkapazität (nFK) unterscheiden. Die hydraulischen Parameter wurden mit dem Programm RETC den Modellen angepasst. Unter Annahme eines kritischen Wertes von 30 % nFK für die

Inst. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Univ. Bodenkultur, Gregor-Mendel-Str. 33, 1180 Wien

* Inst. Soil Science, Univ. of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Bewässerung wurden die Modelle hinsichtlich der Zeit bis zum Erreichen dieses Grenzwertes und dem bis dahin prognostizierten Wasserstress verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt die modellierte Abnahme von T_{akt} in Abhängigkeit der pflanzenverfügbaren Wassermenge. Die Modelle unterscheiden sich sowohl hinsichtlich des Beginns der wasserlimitierten Phase der Transpiration als auch in der Intensität der Abnahme.

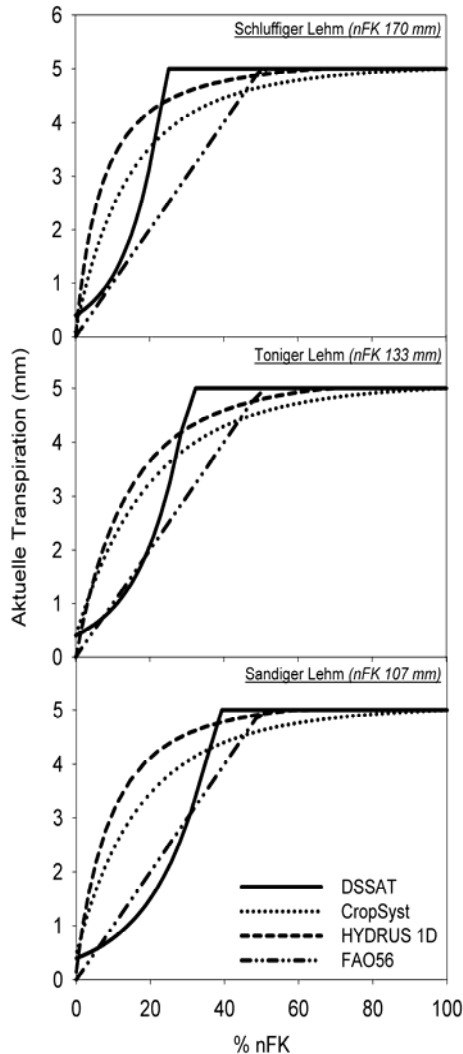


Abb. 1: T_{akt} in Anhängigkeit von der verfügbaren Wassermenge

Der Einzelwurzel-basierte Ansatz in DSSAT geht von der längsten uneingeschränkten Wasseraufnahme aus, zeigt dann aber die rascheste Abnahme und reagiert am stärksten auf die Bodenart. Die über Potentialunterschiede Boden-Blatt modellierte Wasseraufnahme bei CropSyst führt zu einer unmittelbaren Einschränkung von T_{akt} . Der Kurvenverlauf entspricht weitgehend der mit HYDRUS simulierten Dynamik. Die lineare Reduktion bei FAO56 nach Erreichen des Grenzwertes von RAW führt zur stärksten Einschränkung von T_{akt} . Im trockenen Bereich ähneln die Werte DSSAT. Tab. 2 zeigt, dass trotz der unterschiedlichen Reduktionsfunktionen die Zeit, bis der simulierte Wasserentzug den kritischen Bodenfeuchte-Wert von 30 % nFK erreicht, sich kaum unterscheidet. Dies zeigt, dass auch einfache Ansätze wie FAO56 für eine an Bodenwassergrenzwerten ausgerichtete Bewässerungssteuerung verwendet werden können. Hingegen führen die verschiedenen Modellannahmen der Wurzelwasseraufnahme zu unterschiedlichen Erwartungen hinsichtlich der Stresssituation, der die Pflanze bis zum Erreichen dieses Grenzwertes ausgesetzt ist. Dies würde damit auch zu differenzierten Schlussfolgerungen bezüglich eines geeigneten Bodenwassergrenzwertes für eine Bewässerungsstrategie ohne höheres Ertragsrisiko führen.

Tab. 2: Tage bis zum Erreichen von 30 % nFK (kritischer Wert für Bewässerung), bis dahin aufgetretene Tage mit Wasserstress und Ausmaß des Stresses.

	Schluffiger Lehm		Toniger Lehm		Sandiger Lehm	
	Tage (Stress*)	Stress** Max.(Mittel***)	Tage (Stress)	Stress Max.(Mittel)	Tage (Stress)	Stress Max.(Mittel)
DSSAT	24 (0)	0,0 (0)	19 (1)	15,7 (0,8)	15 (2)	38,0 (3,7)
CropSyst	25 (24)	18,5 (0,5)	20 (19)	22,6 (7,1)	16 (15)	19,7 (6,1)
HYDRUS	25 (16)	18,0 (3,9)	20 (13)	21,8 (5,0)	16 (9)	18,9 (3,8)
FAO56	25 (9)	40,7 (7,7)	20 (7)	40,7 (8,1)	16 (6)	40,5 (8,1)

*Tage mit Wasserstress; **Stress = $1 - T_{akt}/T_{po}$; ***Mittel über alle Tage mit Wasserstress

Through-flow chamber CO₂/H₂O canopy gas exchange system: methodical requirements and solutions for generating a data base appropriate for modelling

Johannes Müller, André Eschenröder & Wulf Diepenbrock

Introduction

To determine carbon dioxide (CO₂) and water vapour (H₂O) fluxes of canopies in plot-sized experiments, the canopy-enclosure chamber technique is more appropriate than micro-meteorological methods. Below we describe a steady-state through-flow chamber system including its microclimatic and dynamic characteristics.

Material and methods

Four identical systems were constructed (Fig. 1 and 2; details: Müller et al., 2009).



Fig. 1: Canopy chamber system. 1: air supplying tube (only lower part shown); 2: blower; 3: measuring and controlling unit; 4: tube with impeller anemometer; 5: air conditioning unit; 6: canopy enclosure 0.6 m² ground area, height 0.8 m or 1.3 m; 7: base frame.

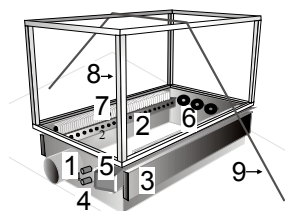


Fig. 2: Details of chamber construction. 1/2/3: air supply/inlet/outlet; 4: fittings for sample air tubes; 5/6: connections for sensor and power cables/sensors; 7: safety guard with two radial blowers at each side for mixing of air; 8: metal frame; 9: stress ribbon.

Each chamber contains sensors for leaf temperature (three IR-sensors shielded against radiation), air temperature (shielded and ventilated), soil temperature (at 10 cm depth), volumetric soil moisture content (at 10 and 30 cm depth) and four radial blowers. Ambient air is supplied from 3 m above ground (rate of airflow 50 to 100 m³ h⁻¹). The measuring and controlling unit (MCU) is equipped with sensors for CO₂ (two infrared analysers), air humidity, air temperature, and pressure for analysing inlet and outlet air streams, gas analysis micro-pumps, and an Ethernet Data Acquisition System. CO₂ and humidity sensors are matched periodically to common values. Inside the MCU's, a temperature of about 40 to 45 °C prevents condensation. Incoming photosynthetically active radiation (PAR), ambient air temperature, humidity, and wind speed are measured in the field in 2 m height. For further information on the used components of the system see Müller et al. (2009).

Operations like system tests, calibration or choice of different modes of measurement and data-acquisition are controlled by a PC. A program package for final off-line data processing includes algorithms for discarding selected data (heavy rain, storms, watering of plants, defrosting cycles of the cooling unit, matching of the CO₂ and water vapour sensors, relative air humidity $h_a > 90\%$, external CO₂ concentration $C_a > 500 \mu\text{mol mol}^{-1}$ (during the night), fluctuations $\Delta C_a > 10 \mu\text{mol mol}^{-1} \text{min}^{-1}$ (after

applying corrections for dynamic biases due to the non-ideal time response of the CO₂ and air humidity sensors as well as of the chamber itself; see below). Corrected data were averaged with a time interval of five minutes. Additionally, floating averages were calculated for night-time data using a time interval of 60 minutes.

All tests were made in 2005 and 2006 on closed green grass vegetation and in a spring barley (*Hordeum vulgare* L. cv. 'Barke') field near Halle (Saale). The chamber transmittance of total radiation and PAR was analysed installing pyrrometers and PAR sensors outside and inside a chamber, respectively. Diffuse PAR was recorded with the PAR sensors using a shadow-band. For analysing the time response of the system, a step-type signal in CO₂ concentration was generated by passing pure CO₂ into the bulk air stream and measuring the CO₂ concentration at chamber outlet by a LI-6262 CO₂/H₂O analyser. Model-based analysis of the time response was done using MATLAB[®] SIMULINK[®] 7.01.

Results and discussion

Downwelling and upwelling total radiation, its balance, and incoming PAR inside the chamber were reduced by 2%, 3% and 10%, respectively. Diffuse fraction of PAR on clear days at noon was about 5% higher than in the open field, whereas it decreased by about 10% under cloudy conditions. Maximum over-temperatures of the air inside the chamber were less than 3 °K. Mean wind speed (hot-wire anemometer probe) amounted to $w = (1.1 \pm 0.4) \text{ m s}^{-1}$ which corresponds to crop stands under conditions of light wind. In this range, the leaf boundary layer resistance to heat transfer of narrow leaves tends to a minimum value such that its variation can be neglected.

Based on an analysis of the dynamic properties of the CO₂ and H₂O sensors and of the chamber (Fig. 3), a data analysis approach was developed that allows for bias compensation in CO₂ and H₂O gas exchange rates occurring under non-steady-state measurement conditions in the field (cf. Müller et. al., 2009).

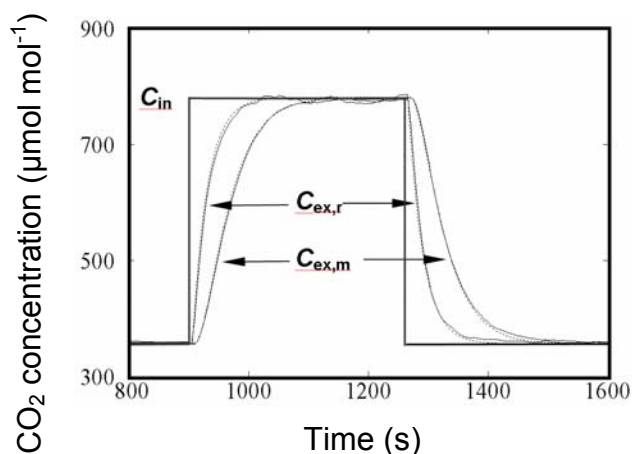


Fig. 3: Time course of a bar signal of CO₂ concentration at chamber inlet (C_{in} , straight line) and of measured (grey solid line) and simulated (grey dashed line) systems response at the outlet of the reference and the measurement channel ($C_{ex,r}$, $C_{ex,m}$). Chamber volume 0.6 m^3 , chamber airflow rate of $60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, sample airflow rate of $0.5 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$.

References

Müller, J.; A. Eschenröder and W. Diepenbrock 2009: Through-flow chamber CO₂/H₂O canopy gas exchange system—Construction, microclimate, errors, and measurements in a barley (*Hordeum vulgare* L.) field. *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 214-229.

A data base for modelling diurnal and seasonal patterns of gas exchange of barley (*Hordeum vulgare* L.) stands derived from canopy chamber measurements

Johannes Müller, André Eschenröder & Wulf Diepenbrock

Introduction

Proper data are required to further develop models of carbon dioxide (CO₂) and water vapour (H₂O) fluxes to and from crop canopies, in particular for use as submodels in complex vegetation or crop growth models. In a concurrent paper, we presented a canopy chamber system that was developed with this aim (cf. Müller et al., this issue). Here, based on measurements made during 2004–2006 in a spring barley field, we present an example of results from the 2005 measuring campaign.

Material and methods

The experimental site was situated in near Halle (Saale). Spring barley (*Hordeum vulgare* L. cv. 'Barke') was sown at the end of March 2005 with a row spacing of 0.125 m and a density of 320 plants m⁻². The plot size was 10 m × 10 m. Soil nitrogen content after winter (N_{min}) was 34 kg (N) ha⁻¹. Plots were fertilized with 60 or 0 kg ha⁻¹ nitrogen (N60, N0). All other cultivation measures followed common practices.

The chambers operated five to ten days at the same location and thereafter were moved to another one. Plants within chambers were irrigated by hand according to the precipitation. Gas exchange rates were calculated according to common formulae, and after corrections averaged with a time interval of five minutes (cf. Müller et al. 2009). Floating averages (60 min) were calculated for night-time data.

Results and discussion

Maximum canopy CO₂ exchange rate F_c during May and first half of June (shoot elongation and flowering) approached about 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for N60 and about 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for N0 (Fig. 1). Maximum canopy dark respiration rate $F_{c,d}$ was near -4 to -5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in N60 and -3 to -4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in N0. In principal, evapotranspiration rate F_w shows a similar trend as F_c . Maximum F_w at the end of shoot elongation approached 10 to 12 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for N60 and 8 to 10 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for N0. Fig. 2 presents selected data for almost clear (left side) or cloudy (right side) days with higher resolution in time. The performance of the system and of the data processing approach in providing accurate data with high resolution in time is clearly shown. Between the measurement campaigns of canopy gas exchange (cf. the data gaps in Fig. 1), soil CO₂ and water vapour fluxes were checked in regular intervals. This was done with the canopy chamber under the same conditions as before after cutting off the plants. At the used chamber air flow rate of 60 m³ h⁻¹, soil CO₂ efflux generally was close to zero, with a mean value in order of -0.3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (cf. also discussion in Müller et al. 2009).

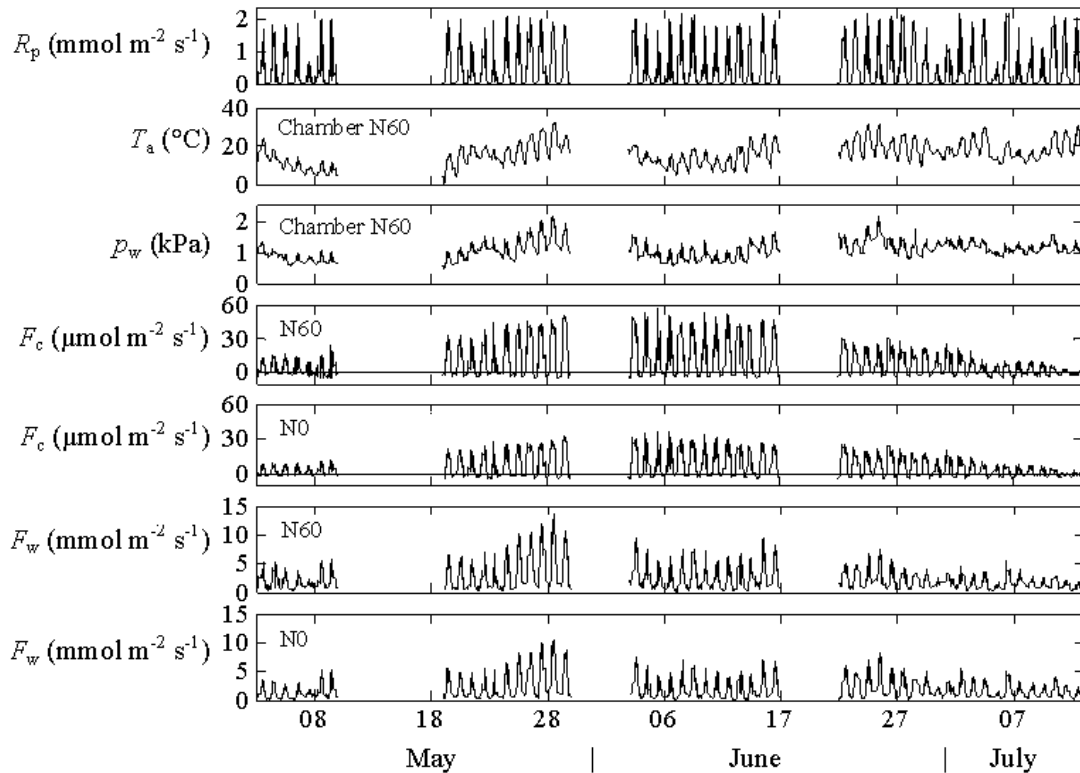
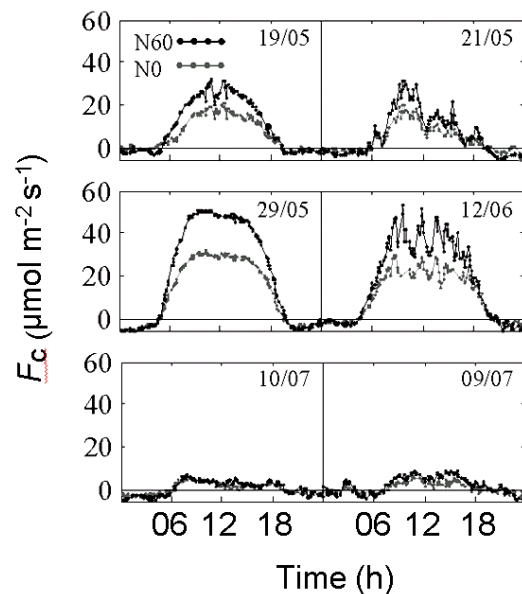


Fig. 1: Diurnal time courses of environmental characteristics and canopy gas exchange rates. May 3 - 9: 5 or 6 leaves unfolded, May 19 - 29: end of shoot elongation, June 3 - 16: flowering, June 22 - July 12: grain filling and maturity. Interruptions: measurements of soil respiration, sensor calibration, moving the chambers to another place. R_p : photosynthetic photon flux density (outside of the chamber); T_a : air temperature, p_w vapour pressure (both inside of the chamber); F_c , F_w : canopy CO_2 and evapotranspiration rate.

Fig. 2: Examples of diurnal time courses of canopy gas exchange rates measured on barley at mostly clear (left side) or cloudy (right side) days. Canopy CO_2 exchange and evapotranspiration rates F_c and F_w : measuring points (dots) and interpolated line.



Thus, observed canopy respiration rates in fact may be attributed completely to the respiration of aerial plant parts.

Long-term measurements made on barley canopies (Müller et al. 2009) confirm the robust functioning of the system and its capability to provide accurate data on canopy gas exchange.

References

Müller, J.; A. Eschenröder and W. Diepenbrock 2009: Through-flow chamber $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ canopy gas exchange system—Construction, microclimate, errors, and measurements in a barley (*Hordeum vulgare* L.) field. *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 214-229.

Effekte erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentrationen (FACE) auf Photosynthese und Ertragsbildung von Nassreis in China

Robert Quakernack, Andreas Pacholski, Chunwu Zhu*, Hongjiang Liu**,
Henning Kage & Jianguo Zhu*

Einleitung

Aufgrund steigender atmosphärischer CO₂-Konzentrationen ist es wichtig Ertragsprognosen für die Landwirtschaft treffen zu können und durch Modelle abzubilden. Es ist bekannt, dass erhöhte atmosphärische CO₂-Konzentrationen die Photosynthese-Leistung und die Ertragsbildung von Pflanzen steigern können (Kimball et al. 2002). In Yangzhou (China) wurden dazu im Jahr 2007 Freilandexperimente (FACE – Free Air Carbon Dioxide Enrichment) durchgeführt, bei denen Reis (*Oryza sativa*) in einer Atmosphäre angebaut wurde, deren CO₂-Konzentration um 200 ppm ([CO₂]=580 ppm) höher lag, als unter natürlichen Bedingungen. Mit den empirischen Daten wurden schließlich Blattphotosynthese-Modelle (Farquhar et al. 1980; Long 1991) angepasst, um die Netto-Photosyntheserate bei erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentration realistisch simulieren und darstellen zu können.

Material und Methoden

Das chinesische FACE-Versuchsdesign für Nassreis beinhaltete 3 Blöcke mit jeweils 2 achteckigen Ringen aus flexiblen PVC-Schläuchen (Durchmesser: 3,8 cm), deren Zentren mindestens 90 Meter voneinander entfernt lagen. Die Ringe hatten einen Durchmesser von 12 Metern und waren 50-60 cm über dem Bestand angebracht. Der CO₂-Ausstrom wurde über 8 Ventile, die an den Ringecken installiert waren, reguliert. Die Reispflanzen wurden, mit Ausnahme der Zeit vor dem Umpflanzen, mit reinem CO₂ begast. Die Versuchsringe wurden durch PVC-Platten in 2 N-Düngevarianten geteilt (125 und 250 kg N ha⁻¹). Die Netto-Photosyntheserate wurde mit Hilfe eines LI-6400 (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, USA) und der zugehörigen Blattkammer bestimmt. Dabei wurden in der konventionell gedüngten N-Variante wöchentlich 5-8 Reisblätter pro Ring gemessen. In der Blattkammer wurde der Photonenfluss auf 1200 μmol mol⁻¹ und die Temperatur auf 33,5 °C eingestellt. Die Daten für die physiologischen Parameter und die Ertragskomponenten wurden mittels t-Test im Statistikpaket R (R Development Core Team, 2005) verglichen. Zudem wurde ein mechanistisches Blattphotosynthese-Modell nach Farquhar et al. (1980) und Long (1991) modifiziert, das die Netto-Photosyntheserate in Abhängigkeit von CO₂-Konzentration, Strahlung und Blatttemperatur beschreibt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Kornertrag der Reispflanzen, unter FACE-Bedingungen, war mit 936 g m⁻² um 17 Prozent höher als der Ertrag der Pflanzen (800 g m⁻²) unter natürlichen CO₂-Konzentrationen. Diese Steigerung war deutlich höher als die aus der Literatur zu erwartende (Kimball et al. 2002), was auf gute Witterungsbedingungen für den Reisanbau im Versuchsjahr zurückzuführen ist.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel, Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel

* Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, 71 East Beijing Road, Nanjing 210008

**Department of Agriculture, University of Yangzhou, 88 South University Avenue, Yangzhou 225009

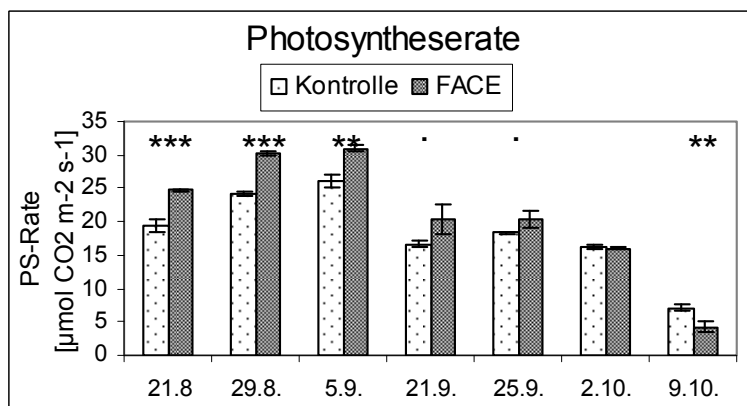


Abb.1: Photosyntheseraten von Reisblättern bei natürlicher (380 ppm) und erhöhter (580 ppm) atmosphärischer CO₂-Konzentration während der Vegetationsperiode (2007) am chinesischen FACE-Standort in Yangzhou

Bei erhöhter CO₂-Konzentration stieg die Netto-Photosyntheserate der Reisblätter signifikant um durchschnittlich 21 %. Zudem trat die Seneszenz der Pflanzen früher ein als bei den Pflanzen, die bei natürlichen CO₂-Konzentrationen wuchsen (Abb.1).

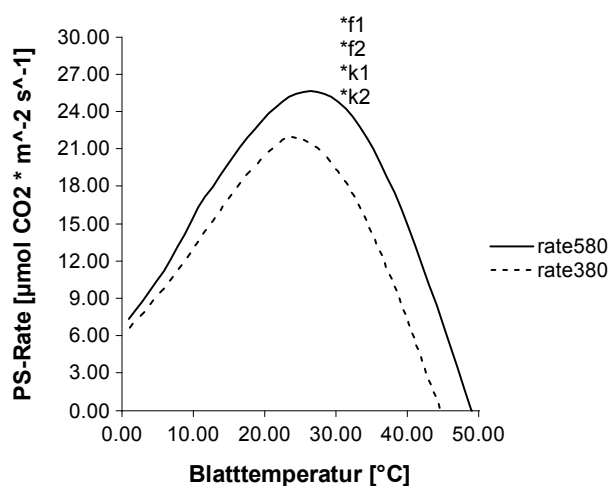


Abb.2: Netto-Photosyntheserate von Reisblättern in Abhängigkeit von der Blatttemperatur bei 380 und 580 ppm CO₂, nach dem mechanistischem Model von Long (1991), modifiziert u. a. durch Parameter aus dem Modell WIMOVAC (Humphries & Long 1995); Eingefügt sind Mittelwerte der gemessenen PS-Raten von 2 Messzeiträumen pro CO₂-Variante: f1→21.8-5.9. und f2→21.8-25.9. für FACE-Pflanzen; k1→21.8-5.9. und k2→ 21.8.-25.9. für Kontrollpflanzen (vgl. Abb.1)

Um das Modell ohne grundlegende Änderungen an die gemessenen Photosyntheseraten anzupassen, wurden die Aktivierungsenergien für K_o, R_d und V_{cmax}, die relativ zu einer Temperatur von 25°C berechnet wurden, u. a. nach dem Modell von Humphries & Long (1995) verändert. Die zusätzliche Betrachtung der Aktivierungsenergien von V_{cmax} und J_{max}, relativ zu ihren Werten bei 25°C, erzeugte eine zufrieden stellende Darstellung der Netto-Photosyntheseraten unter erhöhten und natürlichen atmosphärischen CO₂-Konzentrationen (Abb. 2). Es ist daher möglich mit den aktuell verfügbaren Blattphotosynthesemodellen die Netto-Photosyntheseraten von Reisblättern realistisch darzustellen.

Literatur

- Farquhar, G.D.; S. von Caemmerer und J.A. Berry 1980: A Biochemical Model of Photosynthetic CO₂ Assimilation in Leaves of C₃ Species. *Planta* 149: 78-90.
- Humphries, S.W. und S.P. Long 1995: WIMOVAC – A Software Package For Modeling the Dynamics Of Plant Leaf and Canopy Photosynthesis. *Computer Applications In the Biosciences* 11(4): 361-371.
- Kimball, B.A.; K. Kobayashi und M. Bindi 2002: Responses of agricultural crops to free air CO₂ enrichment. *Advances in Agronomy* 77: 293-368.
- Long, S.P. 1991: Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by atmospheric CO₂ concentrations: Has its importance been underestimated? *Plant, Cell and Environment* 14: 729-739.

Developing an improved model for simulating a relay intercropping system of wheat and maize

Heike Knörzer, Simone Graeff-Hönninger & Wilhelm Claupein

Introduction

Interspecific competition is more than the survival of the fittest. Wherever there are competition effects there are also synergistic effects which can be utilized to turn intercropping systems into more resource use efficient systems. In Northern China, farmers are able to harvest wheat and maize within one growing season in a relay intercropping system. The maturing wheat is interplanted with maize a few days or weeks before wheat harvest in order to elongate the maize growing period. Relay intercropping showed that it is possible to have an additional maize harvest without a decrease of winter wheat productivity. To further adjust those cropping systems and to study the underlying processes a new model approach was developed and tested: A shading algorithm was introduced into the DSSAT crop growth model and the model was evaluated for the tested wheat_{mono/inter} and maize_{mono/inter} varieties.

Material and Methods

Field trials were conducted in southwest Germany during 2007/08. Alternate plots of winter wheat and maize were arranged within a complete block design and four replications. During the growing season, 3 temporal harvests were carried out and dry matter, grain weight growing rates, ratio of stems: leaves and the N concentration were analysed. N_{\min} , LAI, soil moisture, soil temperature, solar radiation and plant height were measured. Specific DSSAT cultivar coefficients were determined and yield and yield components were measured after final harvest. The data was used to evaluate the model. The model approach was based upon the influence of shading and top soil temperature. A linear shading pattern in percentage based on weekly sunlight measurements was determined with regard to the height of neighbouring plants. Solar radiation of monocropped species was set as 0 % shading meaning that the monocropping system was driven by the original weather data. Then, the light differences of the border rows in proportion to the monocrops were calculated. The modeling approach rested not upon introducing a competition sub-model. Instead, the climate and microclimate parameters were modified.

Results and Discussion

The monocropping model used the standard weather file and an initial N input according to the previous crop. The results of model evaluation for wheat_{mono} showed a good fit between simulated and observed data. The R^2 value was 0.96 for grain yield (RMSE = 49) and 0.97 for dry matter yield (RMSE = 127). At the field boundary, incoming solar radiation and top soil temperature increased most obvious. In addition, wheat had a higher aggressivity potential in comparison to maize. Hence, the mineralization of N was favoured and wheat_{inter} got more N. Modifying the intercropping model's solar radiation file and taking an additional N input into account, the intercropping model fitted well with R^2 values of 0.98 for dry matter yield (RMSE = 1146) and 0.96 for grain yield (RMSE = 2). Wheat border rows used the increased sunlight, but foremost solar radiation in addition to increased N availability

could adequately explain the grain yield increase. DSSAT showed clearly that more than one competition factor has to be regarded when intercropping should be simulated adequately. Otherwise, one competition factor is overestimated (Fig.1).

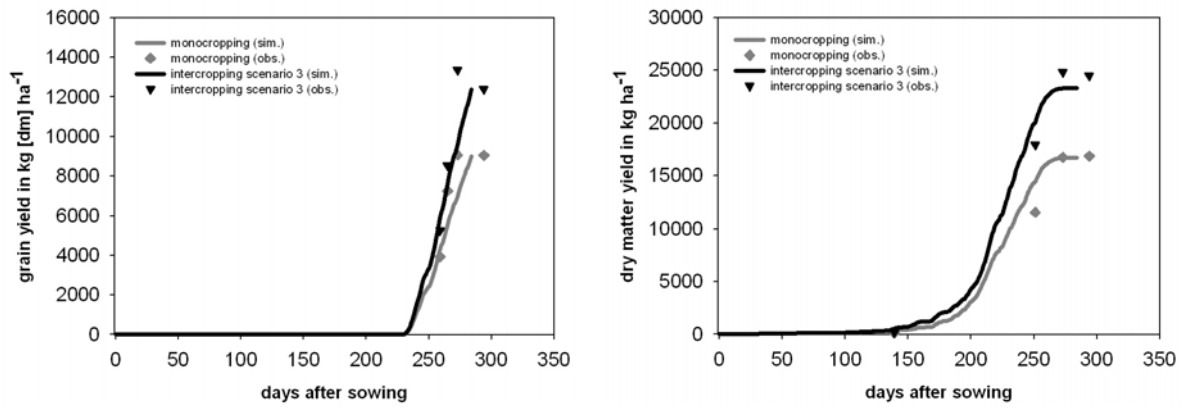
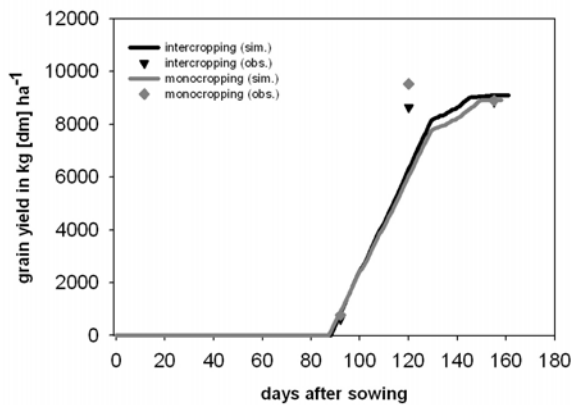


Fig. 1: Simulated/observed grain and dry matter yield of monocropped and intercropped wheat.

Maize_{inter} suffered at the beginning of the growing season but showed a recovery-compensation growth (Li et al., 2001), resulting in maize_{inter} yielding as high as maize_{mono}. The monocropped model was run taking the measured N_{min} values into account. In contrast, the intercropped model was run with N stress at the beginning of the growing season and with the modified solar radiation file. The simulation of grain yield at maturity showed a good fit between measured and observed grain



yield. The R² value for maize_{mono} was 0.83 (RMSE = 18); the R² value for maize_{inter} was 0.90 (RMSE = 259). Maize as a C₄ plant could make a much better use of the increased solar radiation than wheat as a C₃ plant (Fig. 2). Not the N supply was responsible for the recovery-compensation growth, but the effective usage of additional solar radiation after wheat harvest.

Fig. 2: Simulated/observed grain yield of monocropped and intercropped maize.

References

- Li, L.; J. Sun; F. Zhang; X. Li; Z. Rengel und S. Yang, S. 2001: Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping II. Recovery or compensation of maize and soybean after wheat harvesting. Field Crops Research, 71, 173-181.

Teilflächenspezifische Stickstoff-Responsekurven im Winterraps

Ingo Pahlmann, Ulf Böttcher, Karla Müller & Henning Kage

Einleitung

Neue Methoden zur Bemessung der Winterrapsdüngung berücksichtigen die N-Aufnahme des Bestandes vor Vegetationsende (Henke et al. 2009). Um dies in einen Algorithmus zur teilflächenspezifischen N-Düngung umzusetzen, sind jedoch Kenntnisse über teilflächenspezifische N-Responsekurven (TNR) eine wesentliche Voraussetzung. Die verwendeten TNR sollten dabei auch einen Beitrag zur Charakterisierung der Teilflächen (z. B. N-Nachlieferung) leisten.

Zur Schätzung von TNR existieren komplexe Ansätze (z. B. Hurley et al. 2004), die jedoch große und aufwendige Feldversuche voraussetzen. Unter praktischen Gesichtspunkten wäre eine Methode zur Schätzung von TNR aus kleinen Versuchsanlagen wünschenswert, die es ermöglicht, mehrere Standorte langjährig zu charakterisieren. Dabei erscheint es sinnvoll, möglichst kleine, in sich homogene Teilflächen zu untersuchen, welche aber meist nur Platz für wenige, unwiederholte N-Stufen bieten. Somit übersteigt der Umfang des Datensatzes häufig nur knapp die Zahl der zu schätzenden TNR-Parameter. Ziel dieser Arbeit ist es, ein Modell mit reduzierter Parameterzahl zur TNR-Schätzung zu entwickeln.

Material und Methoden

In den Jahren 2005 und 2006 wurden auf Betriebsschlägen des Versuchsgutes Hohenschulen (Kiel) in jeweils 8 Teilflächen Steigerungsversuche mit 4 unwiederholten N-Steigerungsstufen angelegt. Der Ertrag wurde im Kerndrusch ermittelt, die Zusammensetzung der Ernteresiduen in einer Handernte bestimmt. Eine Berechnung der Nettomineralisation erfolgte aus der N-Aufnahme des Bestandes zur Ernte zzgl. dem im Boden verbleibenden N_{\min} abzgl. N-Aufnahme und N_{\min} zu Vegetationsbeginn und wurde jeweils für die ungedüngten Parzellen durchgeführt. Aus den Daten wurden TNR mittels der drei Grundmodelle Linear-Plateau (LP), Quadratisch-Plateau (QP) und Quadratisch (Q) geschätzt. In der gewählten Darstellung besitzen diese Funktionen einen formgebenden Parameter a . Dieser wird üblicherweise für jede Teilfläche einzeln (LP_e , QP_e , Q_e) oder alternativ für alle Teilflächen eines Schlages in einem Jahr gemeinsam (LP_g , QP_g , Q_g) geschätzt. Die Lage jeder dieser formidentischen TNR wird dann teilflächenspezifisch durch die Parameter b und c bestimmt. Die mathematische Darstellung der Modelle lautet:

$$LP: f_i(N) = \begin{cases} a_u \cdot (N - b_i) + c_i & ; N \leq b_i \\ c_i & ; N > b_i \end{cases}$$

$$QP: f_i(N) = \begin{cases} a_u \cdot (N - b_i)^2 + c_i & ; N \leq b_i \\ c_i & ; N > b_i \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{jeweils für die } i\text{-te Teilfläche mit} \\ i = \{1; 2; 3; \dots; 16\} \end{array}$$

$$Q: f_i(N) = a_u \cdot (N - b_i)^2 + c$$

Weiterhin differenzieren die Modelle nach dem Schätzverfahren des Parameters a :

$$LP_g, QP_g, Q_g: u = \begin{cases} 2005 & ; i \leq 8 \\ 2006 & ; i > 8 \end{cases} \quad (\text{gemeinsames } a \text{ für alle Teilflächen eines Jahres})$$

$$LP_e, QP_e, Q_e: u = i \quad (\text{ein individuelles } a \text{ für die jeweilige Teilfläche})$$

Ergebnisse und Diskussion

Formidentische TNR erreichen eine vergleichbare Abbildungsgüte wie solche, deren Form für jede Teilfläche individuell geschätzt wird. Die Betrachtung des Gesamtmodells für beide Jahre zeigt sogar eine Überlegenheit der gemeinsamen Formschätzung (Tab. 1).

Tab. 1: Statistische Kennzahlen der verwendeten Modelle zur Schätzung teilflächen-spezifischer N-Responsekurven in Wintertraps

Modell	Einzeljahr 2005			Einzeljahr 2006			Gesamtmodell (2005+2006)		
	df _M	\sqrt{MQR}	adj. r ²	df _M	\sqrt{MQR}	adj. r ²	df _M	\sqrt{MQR}	adj. r ²
LP _e	23	5,49	0,60 ^{ns}	23	1,60	0,97 ^{**}	47	4,16	0,79 ^{ns}
LP _g	16	4,71	0,70 [†]	16	3,21	0,87 ^{***}	33	4,06	0,80 ^{***}
QP _e	23	5,83	0,54 ^{ns}	23	1,98	0,95 [*]	47	4,47	0,76 ^{ns}
QP _g	16	4,84	0,69 [†]	16	2,60	0,92 ^{***}	33	3,92	0,81 ^{***}
Q _e	23	4,59	0,72 ^{ns}	23	4,51	0,75 ^{ns}	47	4,55	0,75 ^{ns}
Q _g	16	4,81	0,69 [†]	16	3,93	0,81 ^{**}	33	4,41	0,77 ^{**}

†, *, **, ***: signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 %, 5 %, 1 % und 0,1 %; ns: nicht signifikant. df_M = Freiheitsgrade Modell; MQR = SQR/df_R; adj. r² = (1 - MQR/MQT), wobei df_R = Freiheitsgrade Restfehler MQT = SQT/df_T, SQT = Gesamtstreuung, df_T = Gesamtfreiheitsgrade.

Eine lineare Regression ergab, dass im Jahr 2006 die Absolutbeträge der TNR-Nullstellen nur in den Modellen mit gemeinsamem Formparameter ein geeigneter Schätzer der berechneten Nettomineralisation waren (Tab. 2). Modelle mit

Tab. 2: Lineare (y=mx+b) Regression der Responsefunktionsnullstellen (y) (Absolutbetrag) und bilanziell berechneter Netto-mineralisation (x) (Versuchsjahr 2006).

*, **, ***: signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %, 1 % und 0,1 %; ns: nicht signifikant.

Modell	m	b	r ²	m≠1	b≠0
LP _e	0,09	73	0,19 ^{ns}	***	**
LP _g	0,81	-28	0,61 [*]	ns	ns
QP _e	0,10	80	0,06 ^{ns}	**	**
QP _g	1,01	27	0,55 [*]	ns	ns
Q _e	0,24	59	0,36 ^{ns}	**	*
Q _g	0,90	-12	0,69 [*]	ns	ns

gemeinsam geschätzter TNR-Form eigneten sich somit besser zur Charakterisierung der Teilflächen. Auch im Jahr 2005 erwies sich die gemeinsame und einheitliche Formschätzung der TNR als vorteilhaft. Allerdings wichen die Regressionskoeffizienten im Jahr 2005 von den in 2006 gefundenen Werten ab (Daten nicht gezeigt). Die Ursachen hierfür sind noch zu untersuchen. Insgesamt erweist sich die vorgestellte Methode zur Schätzung von teilflächenspezifischen Stickstoff-Responsekurven mittels eines einheitlichen Formparameters somit als geeignet, auch kleine Datensätze zur Informationsgewinnung nutzbar zu machen. Ihre vergleichsweise einfache mathematische Beschreibung wird zudem die Entwicklung allgemeingültiger Algorithmen zur teilflächenspezifischen N-Düngung ermöglichen, welche mit geringem Aufwand an verschiedene Standorte anzupassen sind.

Literatur

- Henke, J.; K. Sieling; W. Sauermann und H. Kage 2009: Analysing soil and canopy factors affecting optimum nitrogen fertilization rates of oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science* 147: 1-8.
- Hurley, T.M.; G.L. Malzer und B. Kilian 2004: Estimating site-specific nitrogen crop response functions: A conceptual framework and geostatistical model. *Agronomy Journal* 96: 1331-1343.

Anwendung verschiedener Humusbilanzierungsmethoden unter Berücksichtigung der Praxisbedingungen des Ökologischen Landbaus

Jörg Juister & Rolf Rauber

Einleitung

Der Humusgehalt des Bodens ist für die praktische Landwirtschaft ein maßgeblicher Faktor, da die organische Substanz des Bodens grundlegende Bodeneigenschaften einnimmt und somit wichtige Bodenfunktionen erfüllt. Insbesondere im Ökologischen Landbau ist die Flächenproduktivität von der Versorgung der Böden mit organischer Substanz abhängig. Auch im Rahmen der Diskussion über den Klimawandel und steigende CO₂-Gehalte in der Atmosphäre kommt dem Humus der Ackerböden eine wachsende Bedeutung zu.

Für die landwirtschaftliche Praxis ist die exakte Kenntnis des Humusgehaltes der landwirtschaftlich genutzten Böden erforderlich. Neben der Messung der Humusgehalte am Standort besteht für den Landwirt die Möglichkeit, eine kalkulatorische Humusbilanzierung durchzuführen.

Im Folgenden wird ein Praxisbetrieb anhand verschiedener Humusbilanzierungsmethoden untersucht.

Material und Methoden

Die Kalkulationen werden für einen nach den Bioland-Richtlinien wirtschaftenden Gemischtbetrieb durchgeführt. Der Betrieb bewirtschaftet eine Fläche von 320 ha und einen Legehennenstall mit 10.000 Tieren im Süden Niedersachsens, die Umstellung auf die ökologische Wirtschaftsweise erfolgte vor 25 Jahren. Die Nährstoffversorgung erfolgt über den Einsatz von Hühnertrockenkot, Schafmist, Biogülle sowie Zwischenfruchtanbau.

Die Untersuchung des Praxisbetriebes erfolgt anhand von drei unterschiedlichen Humusbilanzierungsmethoden: VDLUFA (VDLUFA 2004), HE-ÖKO und standortangepasst. Sowohl die HE-ÖKO- als auch die standortangepasste Methode weisen eine Anpassung an den Ökologischen Landbau auf (Kolbe 2007; Leithold et al. 1997).

Ergebnisse und Diskussion

Den höchsten Humussaldo von 281,12 kg Humus-C je ha ergibt die Kalkulation nach den unteren Werten der VDLUFA-Methode. Den niedrigsten Humussaldo weist die Berechnung nach der HE-ÖKO-Methode auf. Mit einem Wert von -68,18 kg Humus-C ist es in diesem Vergleich der einzige negative Saldo. Die Ergebnisse der Bilanzierung nach den oberen Werten der VDLUFA-Methode sowie nach der standortangepassten Methode liegen mit Werten in Höhe von 189,87 kg Humus-C je ha und 172,78 kg Humus-C je ha relativ dicht nebeneinander und orientieren sich tendenziell an der Bilanzierung nach den unteren Werten der VDLUFA-Methode (vgl. Tab. 1).

Beide Salden der VDLUFA-Methode lassen sich der Versorgungsgruppe D zuordnen. Für die standortangepasste Methode liegt der errechnete Humussaldo unter der Annahme der Gruppenklassifizierung für den Integrierten Landbau ebenfalls in der Versorgungsgruppe D. Bei der Bewertung des Saldos nach der Gruppen-

Klassifizierung des Ökologischen Landbaus liegt der Humussaldo in der Saldengruppe C. Bei der HE-ÖKO-Methode wird keine Zuordnung zu entsprechenden Saldengruppen durchgeführt.

Tab. 1: Humusbilanzierung des ausgewählten Praxisbetriebes nach unterschiedlichen Bilanzierungsmethoden

	Menge (t)	Fläche (ha)	VDLUFA (untere Werte)	VDLUFA (obere Werte)	HE-ÖKO	Standortangepasst
Winterweizen		28,31	-7.926,80	-11.324,00	-17.240,79	-6812,30
Triticale		15,15	-4.242,00	-6.060,00	-9.226,35	-4242,00
Dinkel		64,74	-18.127,20	-25.896,00	-39.426,66	-16064,70
Gemüseerbsen		42,78	6.844,80	10.267,20	8.684,34	6844,80
Ackerbohnen		17,49	2.798,40	4.197,60	3.550,47	3581,40
Kartoffeln		81,15	-61.674,00	-81.150,00	-129.434,25	-60718,50
Möhren		26,61	-14.901,60	-21.288,00	-31.639,29	-14901,60
Kleegras		46,11	18.444,00	23.055,00	37.441,32	20821,50
Humusbedarf (gesamt)		322,34	-78.784,40	-108.198,20	-177.291,21	-71491,40
Humusbedarf (flächenbezogen)		1,00	-244,41	-335,66	-550,01	-221,79
Hühnertrockenkot (70 % TS)	600,00		22.800,00	22.800,00	22.620,00	20280,00
Schafmist (30 % TS)	900,00		50.400,00	50.400,00	50.634,00	35280,00
Weizenstroh (HNV 1:1,1)	155,71		15.570,50	15.570,50	10.837,07	10572,37
Triticalestroh (HNV 1:1,2)	81,81		8.181,00	8.181,00	5.693,98	5554,90
Dinkelstroh (HNV 1:1,1)	284,86		28.485,60	28.485,60	19.825,98	19341,72
Ackerbohnenstroh (HNV 1:1,5)	91,82		9.182,25	9.182,25	6.390,85	6234,75
Zwischenfruchtanbau Kleegras		65,00	6.500,00	6.500,00	11.310,00	8150,00
Gründüngung Kleegras	650,00		10.400,00	10.400,00	10.179,00	4160,00
Zwischenfruchtanbau Senf		60,00	4.800,00	4.800,00	5.220,00	6300,00
Gründüngung Senf (Herbstumbruch)	150,00	30,00	1.200,00	1.200,00	1.131,00	480,00
Gründüngung Senf	60,00	30,00	480,00	480,00	452,40	192,00
Biogasgülle (5 % TS)	1.900,00		11.400,00	11.400,00	11.020,00	10640,00
Humuszufuhr (gesamt)		322,34	169.399,35	169.399,35	155.314,27	127185,74
Humuszufuhr (flächenbez.)		1,00	525,53	525,53	481,83	394,57
Humussaldo (gesamt)		322,34	90.614,95	61.201,15	-21.976,94	55694,34
Humussaldo (flächenspezifisch)		1,00	281,12	189,87	-68,18	172,78
Versorgungsgrad (%)			215,02	156,56	87,60	177,90

Die Bilanzwerte der unterschiedlichen Methoden variieren außerordentlich stark. Hauptsächlicher Grund dafür sind die verschiedenen Bedarfs- und Reproduktionskoeffizienten. Der durch die HE-ÖKO-Methode prognostizierte Humusabbau zeigt sich bislang im Betrieb nicht.

Es scheint erforderlich, weitere betriebsspezifische Daten, insbesondere den Ausgangszustand der Fläche sowie die Art und Intensität der Bodenbearbeitung in den Verfahren zur Humusbilanzierung zu berücksichtigen.

Literatur

- Kolbe, H. 2007: Einfache Methode zur standortangepassten Humusbilanzierung von Ackerland unterschiedlicher Anbauintensität. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, 20.-23. März 2007, 5-8.
- Leithold, G.; K.-J. Hülsbergen; D. Michel und H. Schönmeier 1997: Humusbilanzierung - Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen, Zeller-Verlag, Osnabrück, 43-55.
- VDLUFA 2004: Verband deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; Standpunkt Humusbilanzierung. VDLUFA-Selbstverlag, Bonn.

Beziehung von Humus- und Nährstoffbilanzen zu Kohlenstoff- und Nährstoffgehalten im Boden bei zwei unterschiedlichen ökologischen Betriebssystemen

Hans Jürgen Reents, Martina Kappel, Karsten Engelmann & Kurt Jürgen Hülsbergen

Einleitung

Einer der wichtigsten Grundsätze des Ökologischen Landbaus ist der Erhalt und Aufbau der Bodenfruchtbarkeit. Als Indikatoren zur Beurteilung, ob dieses Ziel erreicht wird und zur Abschätzung, wie die zukünftige Entwicklung des Bodenzustands sein könnte, werden Humus- und Nährstoffbilanzen genutzt. Um die Validität dieser Indikatoren zu prüfen, wurden in einem Betriebsvergleich zweier ökologisch bewirtschafteter Betriebe, die sich in ihrem Viehbesatz deutlich unterscheiden, die Stoffbilanzen aus 5 Jahren den Bodenuntersuchungswerten von 5 bzw. 4 Flächen gegenübergestellt. Bewertet wurden die Stoffbilanzen hinsichtlich ihrer Aussagekraft für die Entwicklung der Humus- und Nährstoffgehalte.

Material und Methoden

Die beiden Betriebe (Tab. 1) liegen im Tertiärhügelland. Sie sind nah benachbart, max. Schlagentfernung 4 km, und werden seit über 20 Jahren ökologisch bewirtschaftet, unterscheiden sich aber im Viehbesatz – 1,7 GV/ha zu 0,5 GV/ha – und der Tiergattung. Die Ertragsleistungen liegen auf vergleichbarem Niveau (Tab. 2). In jedem Betrieb wurden 5 Schläge ausgewählt, auf denen im Februar 2008 Bodenproben gezogen wurden. Pro Schlag wurden in der Regel 8 Probenpunkte entlang einer Catena festgelegt, die die größte Heterogenität des Schlages mit erfassen sollte. An jedem Probenahmepunkt wurden 10 Proben mit dem Göttinger Bohrstock in 0-30 cm entnommen. An den lufttrockenen Mischproben wurden bestimmt: Korngrößen mit Sieb- und Sedimentationsanalyse, pH-Wert CaCl₂, Ct und Nt mit Elementaranalyse, P und K CAL. Die Berechnung der Stoffbilanzen erfolgte mit dem Programmsystem REPRO auf der Basis der Daten aus den betrieblichen Aufzeichnungen.

Tab. 1: Betriebssysteme

Betrieb 1	Betrieb 2
Marktfrucht Rinderhaltung	Marktfrucht Schweinehaltung
54 ha LN	42 ha LN
39 ha Ackerland	36 ha Ackerland
15 ha Grünland	3 ha Grünland
	3 ha Dauerkultur
1,7 GV/ha	0,5 GV/ha

Tab. 2: Ertragsniveau der Betriebe

* für beide Betriebe festgelegt

Hauptfrucht	Ertrag (dt/ha)	
	Betrieb1	Betrieb2
Kleegras-FM (2-jährig)*	580	580
Winterweizen (E)	39	50
Silomais	400	-
Gemenge	48	43
Erbsen	40	34
Dinkel	40	44
Triticale / Wi-Rogg	-	46 / 42

Ergebnisse und Diskussion

Für eine vergleichende Bewertung der beiden Betriebe war es notwendig, die Standortvoraussetzung zu prüfen. Die Korngrößenverteilung der Oberböden zeigte auf allen Flächen nahezu 50 % Schluff und jeweils um die 25 % Sand und Ton, d. h. die Herkunft aus Löss ist deutlich sichtbar (Abb. 1). Die Böden des Betriebes 2 haben einen etwas höheren Tongehalt. Die nach Körschens enge Beziehung von

Ton- und Feinschluffgehalt zum Gehalt an organischem Kohlenstoff konnte allerdings nicht gefunden werden (Abb. 2). Es konnte damit davon ausgegangen werden, dass es keinen systematischen Standorteinfluss gibt, so dass ein Vergleich der Bewirtschaftung der Betriebe hinsichtlich der Effekte auf den Boden möglich ist.

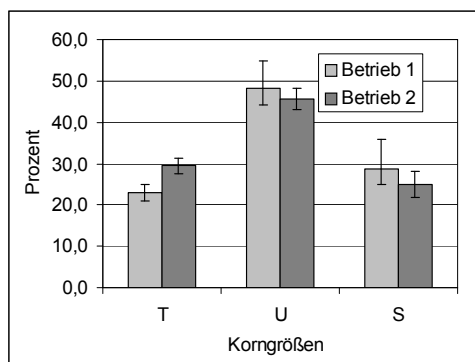


Abb. 1: Korngrößenverteilung

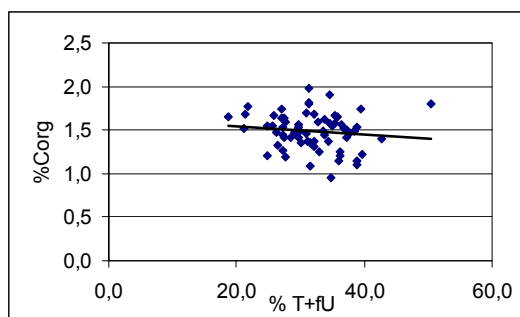


Abb. 2: Corg (%) in Relation zu Ton und Feinschluff

Die Bodenanalysen (Tab. 3) zeigten, dass im Betrieb 1 mit dem höheren Tierbesatz die durchschnittlichen P- und K-Gehalte sowie der pH-Wert sehr deutlich (sig. $p=0,01$) über denen des Betriebs 2 liegen, sie unterscheiden sich im Mittel der Flächen um eine Versorgungsstufe. Die Corg- und Nt-Gehalte sind im Betrieb 1 signifikant ($p=0,5$) höher, auch wenn die Differenz beim Stickstoff nur sehr gering ist. Der Betrieb 2 weist bei Kalium, Phosphor und Stickstoff jeweils negative Nährstoffsalden auf. Diese beruhen auf dem höheren Anteil an verkauften pflanzlichen Produkten. Die große Differenz im Kalium-Saldo zwischen den Betrieben ist durch den größeren Anteil an exportierten Marktfrüchten in Betrieb 2 und den Zukauf von Klee gras in Betrieb 1 verursacht. Der hohe C Saldo in Betrieb 1 ist vor allem auf den hohen Rindviehbesatz und die damit verbundenen großen Mengen an Stallmist zurückzuführen.

Bei den in diesem Beispiel sehr detailliert untersuchten Flächen konnten die Gehaltsunterschiede der Grundnährstoffe und des Kohlenstoffs im Boden auf die Betriebssysteme zurückgeführt werden. Die Nährstoffsalden über einen Zeitraum von fünf Jahren spiegeln die betriebssystemaren Unterschiede in gleichartiger Weise wider. Somit ist es möglich, bei einem Betriebssystem, das über einen bestimmten Zeitraum relativ stabil geführt wird, aus den Nährstoffsalden die Entwicklung der Nährstoff- und Humusgehalte vorzuschätzen.

Literatur

Kappel, M. 2008: Bodenuntersuchungen und Nährstoffbilanzen zweier Öko-Betriebe im Tertiärhügelland. Diplomarbeit TU München-Weihenstephan

Prototyping and optimizing lentil (*Lens culinaris*) mixed cropping systems under organic farming in Germany

Lina Wang, Sabine Gruber & Wilhelm Claupein

Introduction

The legume crop lentil (*Lens culinaris*) is an excellent supplement to cereal grain diets with high nutritional value. It also has good value and potential benefit in organic crop rotation and intercropping systems for supply of biological nitrogen fixation. As the study on lentils was neglected in Germany in the past for several decades, lentils have almost vanished from German cropping systems since the middle of the 20th century. Recently, more and more people begin to realize the importance of lentils and start to re-introduce the crop into German organic farming. Lentils have a weak stalk and tend to lodge without a companion crop, and they are not very competitive with weeds which are big problems especially in organic farming. Recent studies suggest that lentil-cereal intercropping has greater land equivalent ratio and monetary advantage than those of monoculture (Mandal and Mahapatra 1990; Ciftci and Ulker 2005). The current lentil yield of not more than 1 t ha⁻¹ in Germany (Schwäbische Alb; W. Mammel, pers. communication) is still low compared to that of cereals and other pulses. It is necessary to find out an optimal lentil mixed cropping systems and suitable mixtures to help solving these problems. Aim of this study is to design and improve lentil cropping systems under conditions of organic farming in Germany in terms of productivity and competitiveness performance, suitable species and proportion of companion crops.

Materials and methods

A field experiment was carried out at the organic research station Kleinhohenheim (48.7°N, 9.2°E, 700 mm, 8.8 °C) of the University of Hohenheim, South-West Germany in 2009. Lentil (*L. culinaris*, type “Alb-Leisa”; green marbled lentil), spring naked-barley (*Hordeum vulgare*), spring wheat (*Triticum aestivum*, cv. Triso), oat (*Avena sativa*, cv. Dominik), oilseed flax (*Linum usitatissimum*, cv. Scorpion) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*, cv. Spacinska) were used. Lentil seeds were obtained from a farmer who grows lentils for many years in organic farming. Monoculture lentil, monoculture companion crops and three combinations of lentil-companion crops mixed cropping (75% lentil + 25% companion crops, 50% lentil + 50% companion crops, 25% lentil + 75% companion crops) were included in the study. The experiment was a Greek-Latin Square design with three replications, in a total number of 75 plots. Individual plots consisted of 16 rows spaced 15 cm apart, with a length of 4.2 m. The seed rates of monoculture lentil, monoculture companion crops and lentil-companion crops mixed cropping were the same, 240 germinable seeds per square meter (total number for the mixed cropping). Sowing was done with a small drill on 23rd April 2009. Following data will be collected: germinability, crop emergence, crop density, crop development, weed infestation, and yield components.

Results and discussion

Up to now, the experiment is still in process and crops are not yet mature. Therefore, the first results which can be presented now were actual crop density of lentil and companion crops in different lentil mixed cropping systems (Table 1). It showed that most crops' actual densities were different from their supposed density because seedling emergence rate was higher than expected and calculated (estimated field emergence rate was 80%). For lentil under different mixed cropping systems, emergence was 8 percentage points higher than calculated, and the emergence rate of the companion crops was up to 23 percentage points higher. Beside oilseed flax, emergence rates of the companion crops were obviously more underestimated than that of lentil, therefore the actual proportion (lentil: companion crop) of most treatments were lower than estimated before. Now the real emergence rates (%) of lentil, spring naked-barley, spring wheat, oat, oilseed flax and buckwheat were 85, 95, 97, 98, 78 and 99 respectively, and the germinability (%) of lentil and the companion crops was 99, 81, 97, 97, 96, and 92 respectively. The high germinability and high field emergence of lentils in the experiments are essential conditions for further cropping approach. It is a challenge to make the first steps towards a well adapted and optimized cropping system for a new crop. The study presented here provides first scientific data for further lentil cropping in experiments and practical farming.

Table 1: Crop density of lentil and companion crops in different lentil mixed cropping systems

Mixture	Calculated			Actual		
	Lentil (No./m ²)	Companion crops (No./m ²)	Proportion	Lentil (No./m ²)	Companion crops (No./m ²)	Proportion
L/NB	180	60	3	184	72	2.55
L/SW	180	60	3	195	71	2.75
L/O	180	60	3	195	74	2.64
L/OF	180	60	3	181	64	2.82
L/BW	180	60	3	212	73	2.90
L/NB	120	120	1	143	139	1.03
L/SW	120	120	1	125	146	0.86
L/O	120	120	1	149	149	1.00
L/OF	120	120	1	116	125	0.92
L/BW	120	120	1	148	149	0.99
L/NB	60	180	0.33	51	214	0.24
L/SW	60	180	0.33	66	223	0.30
L/O	60	180	0.33	65	213	0.31
L/OF	60	180	0.33	63	146	0.43
L/BW	60	180	0.33	50	224	0.22

L: Lentil; NB: Naked Barley (spring); SW: Spring Wheat; O: Oat; OF: Oilseed Flax; BW: Buckwheat

References

- Mandal, B.K. and S.K. Mahapatra 1990: Barley, lentil, and flax yield under different intercropping systems. *Agron. J.*, 82: 1066-1068.
- Ciftci, V. and M. Ulker 2005: Effect of mixed cropping lentil with wheat and barley at different seeding ratios. *J. Agron.*, 4: 1-4.

Zur Wirkung von integrierten und ökologischen Anbausystemen auf ausgewählte biologische Bodeneigenschaften im mitteldeutschen Lößrockengebiet

Alexandra Boritzki, Sabine Tischer, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Ziele ökologischer und integrierter Anbausysteme sind Erhaltung und Schonung der Fruchtbarkeit und der Nachhaltigkeit der Ressource Boden. Um zu überprüfen, welchen Einfluss verschiedene Bewirtschaftungsmaßnahmen (konventionelle und strukturschonende Bodenbearbeitung, Stallmist- und Stroh-/Gründüngung) bei den genannten Anbausystemen auf die chemischen und biologischen Bodenparameter ausüben, wurden in einem Versuch Daten ermittelt, über die nachfolgend berichtet wird.

Material und Methoden

Im Jahre 1998 wurde in der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt der Martin-Luther-Universität (Normtschernosem, Bodenart Ut4) der Systemversuch (Boritzki 2009) angelegt. Zur Charakterisierung der im Frühjahr 2006 entnommenen Bodenproben wurden bodenchemische (C_{org} , N_t , N_{min} , P_{DL} , K_{DL}) und bodenbiologische (C_{mic} , β -Glucosidase, alkalische Phosphatase, Arginin-Desaminierung, Katalase, Gesamtgehalt der Phospholipidfettsäuren, PLFA) Kennwerte bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Anbausystemen wurde für alle Kennwerte überwiegend ein Tiefengradient ermittelt. Die Nährstoffe liegen im ökologischen Anbau weniger in pflanzenverfügbarer Form vor als im integrierten System (Tab. 1). Die Stallmistdüngung trägt meist signifikant zur Erhöhung der Nährstoffgehalte bei (Boritzki 2009).

Tab. 1: Bodenchemische und bodenbiologische Kennwerte unterschiedlicher Anbausysteme in drei Bodentiefen (1 = 0-10 cm, 2 = 10-20 cm, 3 = 20-30 cm)

Parameter		integriert				ökologisch			
		Stm/P	Stm/oP	GD/P	GD/oP	Stm/P	Stm/oP	GD/P	GD/oP
C_{org} (%)	1	2,10	2,45	1,99	2,07	1,97	1,99	1,86	1,87
	2	2,16	1,93	1,95	1,93	1,97	2,00	1,88	1,87
	3	1,74	1,64	1,62	1,62	1,63	1,73	1,61	1,75
N_t (%)	1	0,16	0,20	0,15	0,16	0,15	0,15	0,13	0,14
	2	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14
	3	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,11	0,12
N_{min} (mg 100 g ⁻¹ Bod.)	1	2,21	3,15	2,26	3,10	2,52	1,64	1,38	1,85
	2	2,20	1,37	1,26	1,41	1,50	1,27	1,57	1,32
	3	10,73	1,21	1,12	1,21	1,18	1,18	1,33	1,34
P_{DL} (mg 100 g ⁻¹ Bod.)	1	10,01	12,73	8,69	9,42	5,99	6,91	5,58	5,38
	2	12,13	6,95	8,40	8,37	5,73	7,02	5,27	5,22
	3	5,50	4,82	5,52	6,27	4,44	4,92	4,70	5,37
K_{DL} (mg 100 g ⁻¹ Bod.)	1	13,25	26,60	12,65	11,95	12,70	17,80	12,25	14,50
	2	13,15	8,30	9,00	8,40	12,90	12,95	11,40	10,00
	3	7,95	7,95	7,90	7,85	7,35	9,45	9,85	8,65

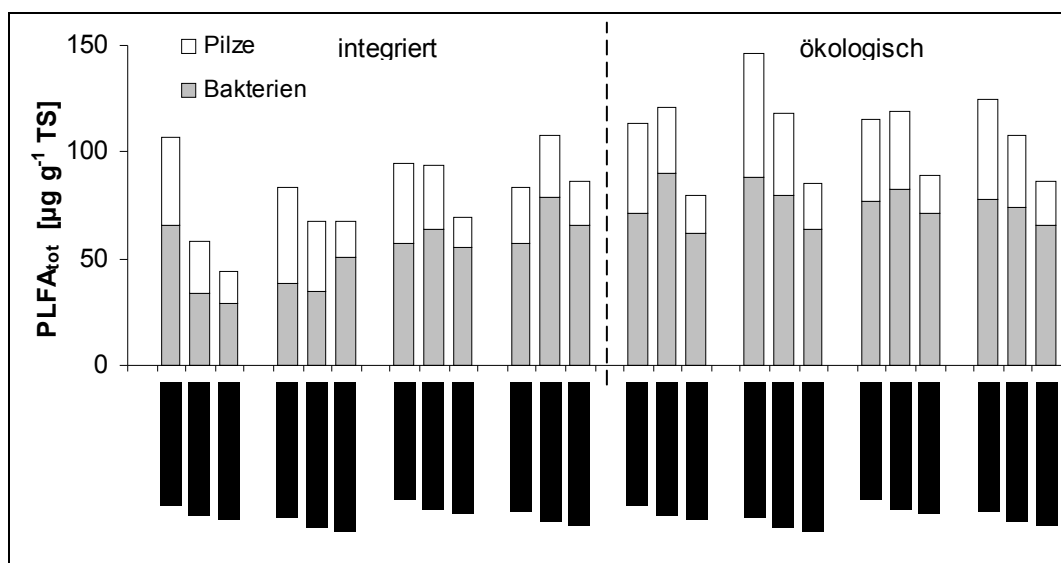
Die Nährstoffgehalte korrelieren teilweise eng mit den ermittelten mikrobiellen Biomassen, den PLFA-Gesamtgehalten und den Enzymaktivitäten (Tab. 2). Da die Mikroorganismen zur Umsetzung der Nährstoffe im Boden beitragen, sind diese

Zusammenhänge für eine ökologische Wirtschaftsweise von besonderer Bedeutung. Im integrierten Anbau (nicht dargestellt) traten diese Beziehungen noch deutlicher hervor.

Tab. 2: Korrelationskoeffizienten (r) der bodenchemischen und mikrobiologischen Kennwerte, ökologischer Versuchsteil (n = 24, *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,0001)

	C _{org}	N _t	N _{min}	P _{DL}	K _{DL}	C _{micSIR}	Gluc.	Alk.Ph.	Arg	Kat
N _t	0,94***									
N _{min}	0,55**	0,43*								
P _{DL}	0,71**	0,59**	0,36							
K _{DL}	0,68**	0,66**	0,41*	0,77***						
C _{micSIR}	0,82***	0,82***	0,52***	0,52***	0,77***					
Gluc.	0,84***	0,85***	0,35	0,51*	0,64**	0,91***				
Alk.Ph.	0,80***	0,82***	0,46*	0,50*	0,65**	0,87***	0,79***			
Arg	0,47*	0,38	0,25	0,17	0,42*	0,68**	0,74***	0,38		
Kat	0,79***	0,82***	0,59**	0,66**	0,80***	0,84***	0,71**	0,76***	0,34	
PLFA _{tot}	0,58**	0,50*	0,35	0,47*	0,85***	0,63**	0,58**	0,36	0,53**	0,76***

Bei Vergleich der ökologisch bewirtschafteten Varianten mit den integrierten zeigten v.a. die Stallmistdüngung und die strukturschonende Bodenbearbeitung die höchsten PLFA-Gesamtgehalte (Abb. 1). Es ist zu erwarten, dass sich bei längerer Versuchslaufzeit diese Differenzierungen noch stärker herausbilden (Emmerling et al. 2003).



(Stm = Stallmist, GD = Grün- und Strohdüngung, P = Pflug, oP = ohne Pflug)

Abb. 1: Gesamtgehalte der PLFA bei unterschiedlichen Anbausystemen

Nach den acht Versuchsjahren konnten in beiden Systemen Tendenzen der Bewirtschaftung mit mehr oder weniger hoher Signifikanz festgestellt werden. Bei den bodenbiologischen Kennwerten ist noch keines der beiden Systeme überlegen, jedoch war im integrierten Anbau die Nährstoffversorgung besser. Im ökologischen Anbau kann durch die strukturschonende Bodenbearbeitung in Verbindung mit Stallmistdüngung eine günstige Beeinflussung der Biodiversität eintreten und somit eine Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit bewirken.

Literatur

Boritzki, A. 2009: Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Inst. f. Agrar-und Ernährungswissenschaften, Diplomarbeit.
 Emmerling, C.; Gattinger, A. & A. Embacher 2003: Reduced tillage in organic farming. In: Freyer, B. [Hrsg.]: 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 453-454.

Untersuchung des Abbaus von Maisstroh bei Zugabe verschiedener wachstumsfördernder Zusätze

Silke Zimmermann, Andrea Abele, Wilfried Hermann*, Simone Graeff
& Wilhelm Claupein

Einleitung

Zu den bedeutendsten pilzlichen Krankheitserregern im Getreideanbau in Deutschland gehören Pilze aus der Gruppe der Fusarien. Diese Pilze bilden toxische Stoffwechselprodukte (Mykotoxine), die sowohl den Ertrag als auch die Back-, Brau-, Futter- und Saatgutqualität senken. Die Verunreinigung von Weizenkorngut mit Mykotoxinen, vor allem mit Deoxynivalenol (DON), steht in Verbindung mit den Vorfrüchten Mais und Weizen in Interaktion mit nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren. Hierfür sind in erster Linie die auf der Bodenoberfläche liegenden, oftmals nur langsam verrottenden Maisstoppel verantwortlich. Ein schnellerer Abbau der Erntereste durch den Einsatz saprophytärer Pilze könnte dazu beitragen, die Fusariuminfektion in der Folgekultur Weizen zu mindern. Ziel der Studie war, in einem Laborversuch unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen, ob der Zusatz von Nährstoffen, Vitaminen etc. einen positiven Einfluss auf die Wachstumsgeschwindigkeit sowie das Abbauverhalten verschiedener Weißfäulepilze hat. Diese Maßnahme soll dazu beitragen, dass sich der Pilz möglichst schnell auf dem Maisstroh etablieren kann und somit die Abbaueffizienz erhöht.

Material und Methoden

Der Einfluss der Zusätze auf die Wachstumsgeschwindigkeit von *Cyathus striatus 1* und *Phanerochaete chrysosporium* wurde zunächst visuell auf Agarplatten beobachtet.

Tab 1: Auswahl an Nährstoffzusätzen (Boyle, 1995) zur Untersuchung eines Einflusses auf das Wachstums- und Abbauverhalten von *Phanerochaete chrysosporium* und *Cyathus striatus 1*

Variante	Quelle	Zusatz
1	Kohlenstoff	2,5 % Glucose
2		5 % Glucose
3		5 % Maltose
4		5 % Glucose und 1,25 % Xylose
5	Stickstoff	0,8 % NH ₄ NO ₃ und 2,9% Natriumglutamat
6	Nährstofflösung	Phosphat+Vitamin+Spurenelement (P+V+Sp)
7		Kohlenstoff + Stickstoff (C+N)
8		Kohlenstoff + Stickstoff + Phosphat+Vitamin+Spurenelement(C+N+P+V+Sp)

Hierfür wurden je Pilz und Variante drei Platten mit verschiedenen Zusätzen (Tab.1) behandelt. Je ein 0,5 cm² großes Agarstückchen aus dem Randbereich einer zwei bis drei Wochen alten Pilzkultur diente als Inokulum. Sie wurden jeweils in der Mitte der behandelten Agarplatten platziert. Zusätzlich wurden je Pilz drei Platten ohne

Institut für Pflanzenbau und Grünlandlehre (340), Universität Hohenheim, D – 70593 Stuttgart
* Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Ihinger Hof, D – 71272 Renningen

Zusatz als Kontrolle angelegt. In regelmäßigen Abständen wurden Aufnahmen gemacht, bis die Platten vollständig bewachsen waren, und mit Hilfe der digitalen Bildbearbeitung von „Adobe Photoshop“ VS. 7.0 ausgewertet.

Für die Evaluierung des Einflusses auf das Abbauverhalten wurde ein Abbaueversuch mit gemahlenem Maisstroh (1 mm) über 8 Wochen angelegt. Nach 4 Wochen wurden je Variante drei Gläser entnommen und der Trockensubstanzabbau (%) sowie die Veränderung des C/N-Verhältnisses bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Vorversuch konnte keine signifikante Beschleunigung des Mycelwachstums von *Cyathus striatus 1* und *Phanerochaete chrysosporium* durch die Behandlung des Agars mit Nährstoffzusätzen im Vergleich zur Kontrolle festgestellt werden. Boyle (1995) konnte jedoch in einer ähnlichen Studie eine deutliche Steigerung des Wachstums verzeichnen. Dies lässt vermuten, dass der verwendete Malzpeptonagar, der im Vorversuch als Substrat eingesetzt wurde, zu nährstoffreich war, sodass die Weißfäulepilze keinen zusätzlichen Nutzen aus den zugeführten Nährstoffen ziehen konnten. Im Gegensatz dazu zeigte sich im Abbaueversuch von Maisstängeln, dass das Pilzwachstum und der TS-Abbau bei Zugabe verschiedener Nährstoffzusätze signifikant gesteigert werden konnte und Unterschiede zwischen den Zusätzen vorlagen. *Cyathus striatus 1* (Abb. 1) zeigte vor allem bei Zusätzen mit Stickstoff einen signifikant höheren Abbau zur Kontrolle, *Phanerochaete chrysosporium* bei der C+N+P+V+Sp-Lösung.

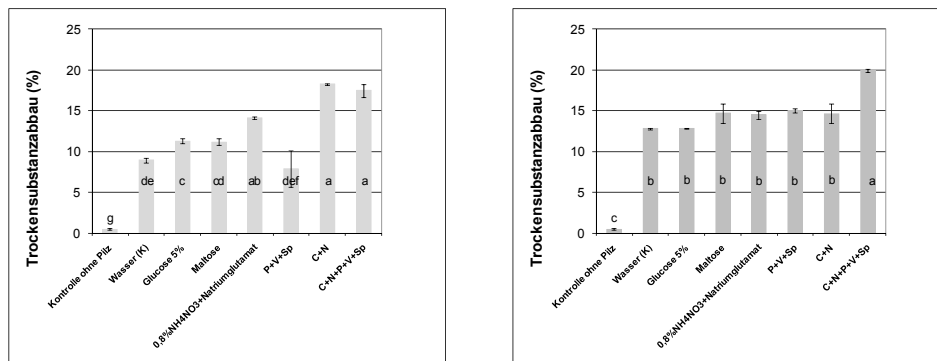


Abb. 1: Trockensubstanzabbau (%) von gemahlenen Maisstängeln nach 4 Wochen durch die Weißfäulepilze *Cyathus striatus 1* (1) und *Phanerochaete chrysosporium* (2) bei Zugabe verschiedener Zusätze.

Allerdings muss in einem weiteren Analyseschritt geklärt werden, ob der erhöhte Abbau der Trockensubstanz durch Zugabe von Zusätzen auf einen vermehrten Abbau der zugesetzten Substanzen oder auf einen tatsächlich höheren Abbau der Maisstängel durch die Pilze zurückzuführen ist.

Literatur

Boyle, C.D. 1995: Development of a practical method for inducing white – rot fungi to grow into and degrade organopollutants in soil, Can.. J. Microbiol. 41: 345-353.

Entwicklung der Grundnährstoffgehalte in einem schwach lehmigen Sandboden Nordostdeutschlands nach langjähriger ökologischer Bewirtschaftung

Harriet Gruber

Einleitung

Bei unausgeglichenen Nährstoffbilanzen oder bei unzureichender Nachlieferung aus dem Bodenpool können die Nährstoffgehalte im Boden langfristig abnehmen. In Ausnahmefällen (EU-VO 2092/91, Richtlinien der Verbände) dürfen daher bei Nachweis der Notwendigkeit zugelassene betriebsfremde mineralische Düngemittel eingesetzt werden. Ob und wann diese Notwendigkeit eintritt, können Langzeiterhebungen ergeben. Ziel dieser Untersuchungen sind Aussagen zur Entwicklung der Gehalte im Boden bei Berücksichtigung der Nährstoffzu- und -abfuhr unter den vorliegenden Standortbedingungen.

Material und Methoden

Grundlage der Untersuchungen ist die seit 1992 ökologisch und praxisnah bewirtschaftete Fruchtfolge auf einem schwach lehmigen Sand am Standort Gülzow in Mecklenburg-Vorpommern. In einer 6-feldrigen Fruchtfolge (je 1 ha Feldgröße) mit 33 % Leguminosen und 50 % Getreide sowie einem Hackfruchtschlag wurden neben einer regelmäßigen Stalldunggabe (ca. 80 dt/ha/a) zeitweise auch zugelassene mineralische Grundnährstoffe ausgebracht. Jährlich wurde zu Vegetationsbeginn je Fruchtfolgefeld eine Mischprobe in einer Tiefe von 0-30 cm entnommen und der pflanzenverfügbare Nährstoffgehalt im Boden mittels DL-Methode sowie der C_t - und N_t -Gehalt bestimmt. Die Nährstoffbilanzen wurden mit Hilfe des Bilanzierungsprogramms REPRO (Heyer, 2009) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Bei nahezu stabiler Nährstoffzufuhr schwankte der Entzug durch das Erntegut in Abhängigkeit von der Ertragsleistung der Kulturen. Der Durchschnittsertrag in der Fruchtfolge betrug 33,8 dt GE/ha/a, wobei im Mittel aller Kulturen und Jahre eine Streuung in Höhe von 16,7 dt/ha auftrat. Bei einer leicht positiven Phosphorbilanz zeigte sich im Mittel der sechs Schläge eine schwache Tendenz zu abnehmenden P_2O_5 -Gehalten im Boden (Abb. 1). Sie unterlagen einer hohen Standortabhängigkeit (Schlageffekte), jedoch traten relativ geringe jahresbedingte Schwankungen auf. Trotz deutlicher Unterschiede zwischen den Schlägen lagen die P_2O_5 -Gehalte in den Gehaltsklassen C und D.

Die Kaliumbilanz ergab einen positiven Saldo. Dennoch ergaben die Untersuchungen am Standort Gülzow im Mittel der Schläge einen negativen Trend der K_2O -Gehalte im Boden (Abb. 1). Unter den vorliegenden Bodenqualitäten ist die Abnahme vermutlich auf hohe Auswaschungsverluste in bestimmten Jahren zurückzuführen, die auch Ursache für den deutlichen Jahreseinfluss sein könnten. Die Versorgung mit Kalium (K_2O) ist trotz der abnehmenden Tendenz gut und lag im oberen Bereich der Gehaltsklasse C. Bei Kalium kann bei weiter abnehmenden Gehalten eine zusätzliche mineralische Düngung erforderlich werden, um eventuelle Nährstoffverluste auszugleichen.

Die Magnesiumgehalte lagen in der Gehaltsklasse C. Die Bodengehalte veränderten sich nur geringfügig (Abb. 1). Der Einfluss von Standort und Jahr war vergleichsweise gering. Deutlich geringere Magnesiumgehalte im Boden wurden in Praxisbetrieben festgestellt. In Auswertung einer Umfrage unter den ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern ging hervor, dass 26 % der erfassten Flächen Magnesiumgehalte in der Gehaltsklasse A aufweisen.

Nach Kolbe (2001) sind für den ökologischen Ackerbau unter Berücksichtigung des allgemein geringeren N-Niveaus Nährstoffgehalte in der Klasse B ausreichend. Kerschberger u. Marks (2002) fordern dagegen auch im ökologischen Landbau die Gehaltsklasse C.

Der C_i -Gehalt im Boden nahm im Mittel der Schläge während des Untersuchungszeitraumes leicht zu und erreichte 2009 einen Anteil von 0,94 % (STAW 0.21). Der Einfluss der jeweiligen Kultur zeigte sich deutlich. Dagegen war der N_i -Gehalt auf allen Schlägen und in allen Jahren ähnlich und bewegte sich bei einem Anteil von 0,1 %.

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass ein wesentlicher Teil der Nährstoffe aus Stallung bereitgestellt wurde. Betriebe ohne Viehhaltung beanspruchen somit wesentlich stärker den Bodenvorrat. Daher sind die hier vorgestellten Ergebnisse nicht auf alle Betriebsstrukturen übertragbar.

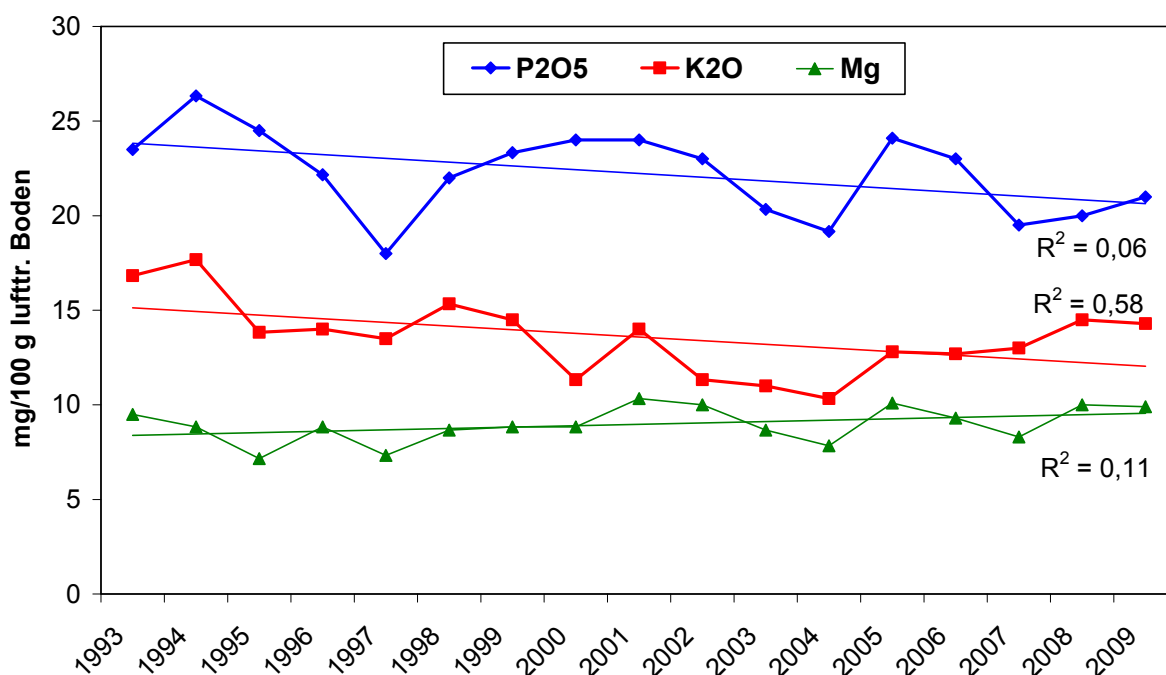


Abb. 1: Entwicklung der Grundnährstoffgehalte in der Fruchtfolge (Gülzow)

Literatur

- Heyer, W. 2009: Auswertung Systemversuch Mecklenburg-Vorpommern. unveröffentlicht
 Kerschberger, M. und G. Marks 2002: Rohphosphat – was sonst? Bauernzeitung 43: 31-32
 Kolbe, H. 2001: Anleitung zur P-, K-, Mg- und Kalk-Düngung im ökologischen Landbau. SÖL-Berater-Rundbrief 3/4: 3-10

Einfluss langjährig differenzierter Bearbeitungsintensität auf den C-Gehalt bindiger Standorte

Bodo Hofmann, Joachim Bischoff*, Jan Rücknagel & Olaf Christen

Einleitung

In verschiedenen Arbeiten wird über eine vermehrte Kohlenstofffestlegung und einen Anstieg der Humusvorräte bei reduzierter Bodenbearbeitung berichtet. Aber auch gegenteilige Auffassungen sind anzutreffen (Pekrun & Claupein 1998). Die Klärung dieser Frage wird erschwert, da die bewirtschaftungsbedingten Änderungen des Kohlenstoffgehaltes im Boden sehr langsam erfolgen. Außerdem ist die kleinräumige Variabilität des C-Gehaltes relativ groß. Das Nutzen von Literaturdaten stellt sich oft als problematisch heraus, da die Randbedingungen (u. a. Untersuchungsmethoden, Tiefe und Zeitraum der Beprobung) meist nur unvollständig mitgeteilt werden. Aussagen über die Auswirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Humusgehalt sind vor dem Hintergrund der Präzisionsbestrebungen der Humusbilanzierungskoeffizienten von besonderem Interesse. Über bearbeitungsbedingte Einflüsse hat hierzu Krawutschke (2007) aktuelle Ergebnisse an verschiedenen Dauerversuchen ermittelt, die durch vorliegenden Beitrag ergänzt werden. Dazu werden ausgewählte Daten aus älteren Langzeitversuchen berücksichtigt und neue Ergebnisse von zwei weiteren Standorten in die Betrachtungen mit einbezogen.

Material und Methoden

Die Ergebnisse stammen von einem langjährigen Dauerfeldversuch, der in der ehemaligen Lehr- und Versuchsstation der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Leipzig-Seehausen (Parabraunerde-Pseudogley, Bodenart schluffig lehmiger Sand, mittl. Jahresniederschlag/Jahresmitteltemperatur 558 mm/9,1 °C, Anlagejahr 1965) bis zur Ernte im Jahre 2002 durchgeführt wurde. Die Großflächenexperimente auf dem Standort Bernburg (Normtschernosem, Bodenart stark toniger Schluff, 558 mm/9,1 °C, Anlagejahr 1996) laufen unter Regie der LLFG Bernburg und in Leipzig-Großzschocher (Pseudogley-Parabraunerde, Bodenart schluffig lehmiger Sand, 572 mm/9,0 °C mm, Anlagejahr 2000) auf Flächen des Agrarunternehmens Kitzen in Verantwortung der Amazonen-Werke.

Die Beprobung der Versuche erfolgte im Frühjahr in dm-Abständen bis in 4 dm Bodentiefe. Zur exakten Berechnung der Humusmengen wurde parallel dazu mit Stechzylindern (250 cm³) die Trockenrohddichte ermittelt. Der Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff (TOC) wurde aus der Differenz zwischen Gesamtkohlenstoff (TC) und anorganischem (Carbonat-) Kohlenstoff bestimmt (DIN ISO 10694).

Ergebnisse und Diskussion

In dem langjährigen Seehausener Feldversuch zeigten sich bereits nach 3 Versuchsjahren erste Tendenzen zur Veränderung der tiefenabhängigen TOC-Gehalte. Zu Versuchsbeginn (Herbst 1965) lagen die TOC-Ausgangswerte in 0-25 cm Bodentiefe bei 0,9 M.-%. Diese Gehalte haben sich, abgesehen von jahresbedingten Schwankungen, in der gepflügten Ackerkrume bei einem ausgeglichenen Humussaldo bis

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften,
Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle

*Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Strenzfelder Allee 22,
06406 Bernburg

zum Ende des Versuches 2002 sowohl in der absoluten Höhe als auch der Tiefenverteilung nur wenig geändert (Tab. 1). Die wendende Grundbodenbearbeitung führt somit im Verlaufe der Zeit je nach Lockerungstiefe und Zufuhr an organischer Substanz zu einer sehr homogenen Verteilung der TOC-Gehalte. Diese Feststellung trifft auch für die praxisnahen Großflächenversuche mit geringerer Laufzeit zu.

Tab. 1: TOC-Gehalte [M.-%] in verschiedenen Bodentiefen und TOC-Mengen [t/ha, rel.] in der Ackerkrume (0-3 dm) bei differenzierter Bodenbearbeitung

Bodenbearbeitung Bearb.-tiefe [cm]	TOC-Gehalte [M.-%] in Bodentiefe [dm]				TOC-Mengen (0-3 m)	
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	t/ha	rel.
Seehausen (Parabraunerde-Pseudogley, 36. Versuchsjahr)						
Pflügen 25	1,01 a	1,02 a	0,94 a	0,38 a	44,7	100 a
Pflügen 15	1,28 b	1,13 b	0,80 b	0,42 a	47,2	106 ab
Grubbern 15	1,48 c	1,04 a	0,73 b	0,38 a	48,8	109 b
Leipzig (Pseudogley-Parabraunerde, 7. Versuchsjahr)						
Pflügen 25	1,18	1,20	1,18	0,44	50,6	100
Grubbern 22	1,37	1,25	1,09	0,41	53,7	106
Grubbern 12	1,35	1,20	1,02	0,39	53,1	105
Scheiben 8	1,45	1,15	1,04	0,40	57,6	114
Bernburg (Normtschernosem, 11. Versuchsjahr)						
Pflügen 25	1,59	1,60	1,49	1,27	60,2	100
Grubbern 15	1,69	1,48	1,40	1,22	65,7	109
Direktsaat	1,76	1,51	1,33	1,26	68,4	114

Anmerkung: ungleiche Kleinbuchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (α 0,10) in der jeweiligen Bodentiefe

Bemerkenswert ist auch, dass sich zwischen den Bearbeitungsvarianten im krumen-nahen Unterboden keine wesentlichen Differenzierungen abzeichnen. In der Oberkrume kommt es dagegen bei konservierender Bearbeitung, Direktsaat und auch flachem Pflügen relativ schnell zum Ansteigen und infolge eingeschränkter organischer Substanzzufuhr bzw. der Herausbildung neuer Gleichgewichtsbedingungen in der unteren Krume langfristig zu einer Abnahme der TOC-Gehalte.

Die Herabsetzung der Bearbeitungsintensität infolge konservierender Bodenbearbeitung, Direktsaat und flachem Pflügen bewirkt unter den spezifischen mitteldeutschen Trockenbedingungen im Vergleich zur herkömmlichen mitteltiefen bzw. tiefen Pflugfurche in der Tendenz (z.T. signifikant) eine Zunahme der TOC-Mengen in der Ackerkrume. Damit können erhebliche CO₂-Mengen gespeichert werden. Eine Rückkehr zur jährlich wiederkehrenden Pflugbearbeitung führt infolge gesteigerter Mineralisation bereits nach 3 Jahren zum Angleichen der TOC-Gehalte an die Werte bei durchgängigem Pflügen. Über analoge Befunde berichten Koch und Stockfisch (2006). Zusammenfassend lässt sich ableiten, dass die derzeit vorhandenen Ergebnisse für eine weitere Präzisierung der Humusbilanzierungskoeffizienten (VDLUFAMethode) nach Bodenbearbeitungsintensitäten nicht ausreichen.

Literatur

- Pekrun, C. und W. Claupein 1998: Forschung zur reduzierten Bodenbearbeitung in Mitteleuropa: eine Literaturübersicht. Pflanzenbauwissenschaften 2: 160-175.
- Koch, H.-J. und N. Stockfisch 2006: Loss of soil organic matter upon ploughing under loess soil after several years of conservation tillage. Soil and Tillage Res. 86:73-83.
- Krawutschke, M. 2007: Einfluss differenzierter Bodenbearbeitung auf Gehalt und Dynamik der organischen Bodensubstanz in Ackerböden sowie deren Bedeutung für die Humusbilanzierung. Justus-Liebig-Universität Gießen, Inst. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Masterarbeit.

Erosionsschutz durch Streifenlockerung im Zuckerrübenanbau

Wilfried Hermann* & Wilhelm Claupein**

Einleitung

Die Häufigkeit von Starkniederschlägen hat in den vergangenen Jahren sehr stark zugenommen. Eine Folge ist die Zunahme von Erosionsereignissen, betroffen sind vor allem spätschließende Reihenkulturen wie Zuckerrüben, die sehr häufig auf schluffreichen Standorten angebaut werden. Derzeit wird ein Erosionskataster aufgebaut, das möglicherweise Bewirtschaftungsauflagen auf erosionsgefährdeten Standorten zur Folge hat.

Seit der zunehmenden Verbreitung automatischer Lenksysteme stellt die Streifenlockerung (Strip-Till) einen sehr interessanten Ansatz dar:

Bei diesem Verfahren wird lediglich der Streifen, in den später die Reihenkulturen gesät werden, gezielt gelockert, bearbeitet sowie ein Damm gezogen, der weitgehend frei von Ernterückständen ist. Der Bereich zwischen den Reihen bleibt unbearbeitet.

Material und Methoden

Der Anbau von Zuckerrüben im Strip-Till-Verfahren wurde in den Jahren 2007 und 2008 auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (Landkreis Böblingen, 500 m NN, 685 mm Niederschlag, 8,2°C Durchschnittstemperatur, stark schluffiger Ton, 65 BP) im Praxiseinsatz getestet und mit dem betriebsüblichen Mulchsaatverfahren verglichen. Nach der Vorfrucht Triticale mit Strohdüngung (90 dt/ha Kornertrag) wurde keine Stoppelbearbeitung durchgeführt, um möglichst viel Stroh als Erosions- und Verdunstungsschutz auf der Bodenoberfläche zu belassen. Ausfallgetreide sowie aufgelaufene Unkräuter wurden mit Glyphosat kontrolliert, Mitte Oktober erfolgte die Streifenlockerung auf 18-20 cm Tiefe mit einem Streifenlockerer (Horsch Focus Prototyp, 6-reihig, variabler Reihenabstand) im Reihenabstand von 50 cm. Gezogen wurde das Gerät von einem Schlepper mit 160 PS ausgestattet mit einem automatischen RTK-GPS-gestützten Lenksystem. Das Korrektursignal wurde von der hofeigenen RTK-GPS-Referenzstation über Funk bereitgestellt. Die Fahrgeschwindigkeit lag bei ca. 6 km/h, so daß eine Flächenleistung von rund 1 ha/h erreicht wurde.

Vor der Zuckerrübenaussaat im Frühjahr wurden Altunkräuter bzw. Ausfallgetreide mit einer weiteren Glyphosat-Behandlung kontrolliert. Ausgesät wurde am 10.04.2007 bzw. bedingt durch das nasse Frühjahr am 02.05.2008; die Saatedichte betrug 100.000 Körnern/m², wobei der gezogene Damm eingeebnet wurde. Zur Aussaat im Frühjahr wurden die im Herbst zur Streifenlockerung verwendeten A-B-Linien erneut geladen und verwendet, wobei sämtliche Vorgewende ebenfalls ohne Vorbereitung in diesem System gesät wurden.

* Versuchsstation Ihinger Hof, Universität Hohenheim; hermannw@uni-hohenheim.de www.striptill.de

** Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim

Ergebnisse und Diskussion

Nach Starkniederschlägen Anfang Juni 2008 zeigte sich der ideale Erosionsschutz nach Streifenlockerung, als auf den ganzflächig gelockerten Mulchsaatflächen erhebliche Bodenmengen abgeschwemmt wurden (Abb.1). Im Gegensatz dazu trat nach Streifenlockerung durch die verbesserte Wasserinfiltration in Kombination mit der starken Strohmulchauflage in den unbearbeiteten Zwischenräumen keinerlei Bodenabschwemmung auf.



Abb. 1: Wasserinfiltration unmittelbar nach Starkregenereignis (oben). Bodenabtrag bei Mulchsaat im Vergleich zur Streifenlockerung nach 30 mm Niederschlag in zwei Tagen (unten).

Im Vergleich zum betriebsüblichen Mulchsaatverfahren wurden in beiden Jahren mindestens vergleichbare Bereinigte Zuckerrübenenerträge geerntet (Tab. 1).

Tab. 1: Rübenenertrag und Bereinigter Zuckerertrag sowie Ertrags- und Qualitätsparameter zur Ernte in Abhängigkeit von Anbauverfahren und Jahr (Praxisvergleich).

Jahr	Verfahren	Bestandesdichte Pfl./m ²	Reine Rüben dt/ha	SMV* %	ZG** %	BZE*** dt/ha
2007	Mulchsaat	8,3	618	1,64	19,4	120
	Streifenlockerung	7,3	711	1,67	18,6	133
2008	Mulchsaat	8,6	666	1,36	18,1	121
	Streifenlockerung	7,8	710	1,34	17,7	126

* Standardmelasseverlust **Zuckergehalt ***Bereinigter Zuckerertrag

Nährstoffgehalte bei teilflächenspezifischer Bodenprobenentnahme (Anwendungsbeispiel)

Stefan Hinck, Klaus Mueller, Norbert Emeis & Olaf Christen*

Einleitung

Gewöhnlich erfolgt eine Bodenprobenentnahme zur Nährstoffuntersuchung flächeneinheitlich (Flächengröße < 3 ha) oder anhand fester Rastergrößen bei größeren Flächen. Wobei Bodenunterschiede innerhalb der Fläche keine ausreichende Berücksichtigung finden bzw. werden die Beprobungsraster häufig nicht variabel an Bodenunterschiede angepasst. Durch den Einsatz von Geoelektrik ist es möglich, Bodenunterschiede zu erkennen (Hinck 2009) und z. B. einen Beprobungsplan zu erstellen (Hinck et al. 2008).

Material und Methoden

Die Versuchsfläche „Im Berge“ (2,4 ha) der Fachhochschule Osnabrück ist in 224 100 m² große Rasterzellen unterteilt. Von einer jeden Rasterzelle ist eine Mischbodenprobe aus der Tiefe 0 bis 30 cm entnommen worden. Im Labor sind die Korngrößen Sand, Schluff und Ton sowie die ausgewählten pflanzenverfügbaren Nährstoffe Kalium (K₂O), Phosphor (P₂O₅), Magnesium (MgO) und der pH-Wert ermittelt worden. Die Fläche zeichnet sich durch eine starke Heterogenität aus (s. Abb.1 links). Zur geoelektrischen Kartierung ist das BOs-1EP (Bodensensorsystem der Fachhochschule Osnabrück) eingesetzt worden. Messtermin war der 15.03.2005. Anhand der unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeitswerte (EC25) ist die Fläche in drei Teilflächen unterteilt worden (s. Abb. 1 Mitte). Die Teilflächen unterscheiden sich im EC25 und in der Korngrößenverteilung (Hinck et al. 2008). Ein Beprobungsplan für eine virtuelle Bodenprobenentnahme wurde erstellt (s. Abb. 1 rechts). Die vorliegenden Daten sind einer jeden Beprobungs-Teilfläche zugeordnet und statistisch ausgewertet worden. Es ist der Durchschnittsgehalt der Gesamtfläche und jeder Teilfläche darstellbar.

Ergebnisse und Diskussion

Ein Nährstoffvergleich zwischen der Gesamtfläche und den Teilflächen weist Unterschiede auf. Die Analysewerte der Teilflächen weisen sowohl höhere als auch niedrigere Nährstoffwerte im Vergleich zum Flächendurchschnitt auf. Weiter sind für die Teilflächen in der Regel geringere Standardabweichungen feststellbar, d. h. die Spannweite der Analysewerte ist für die Teilflächen geringer im Vergleich zum Flächendurchschnitt (s. Tab. 1).

Die Teilflächen weisen untereinander teilweise signifikant unterschiedliche Analyseergebnisse auf. Die Teilfläche 1 weist mit einem durchschnittlichen Tongehalt von 17 % einen niedrigen Tongehalt und entsprechende niedrige K₂O- und MgO-Gehalte auf. Wobei aber der P₂O₅-Gehalt ebenso hoch ist wie der Flächendurchschnitt und der Teilfläche 3 (mit einem durchschnittlichen Tongehalt von 29 %). Die Teilfläche 1 befindet sich im Bereich des Hangfußes, aus diesem Grund wird vermutet, dass die vergleichsweise hohen P₂O₅-Gehalte eine Ursache von Erosionsereignissen sein können. In diesem Bereich ist u. a. der Bodentyp Kolluvisol kartiert, so dass eine Phosphorverfrachtung mit dem Feinboden und Humus wahrscheinlich ist (Neufang et al. 1989). Auffällig ist für alle drei Teilflächen der niedrige MgO-Gehalt.

Fachhochschule Osnabrück, Postfach 1940, 49009 Osnabrück

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

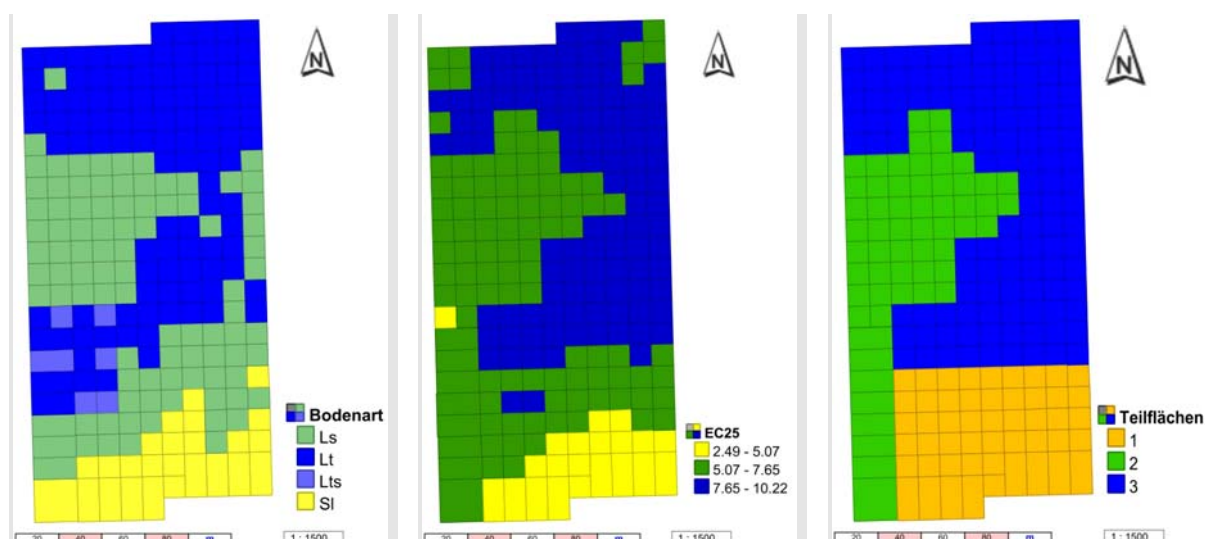


Abb. 1: Räumliche Verteilung der Bodenarten (links); räumliche Verteilung EC25 (mS/m) (Mitte); anhand der EC25-Klassen erstellter Beprobungsplan (rechts); Fläche „Im Berge“ (Quelle: Hinck et al. 2008)

Tab. 1: Ergebnisse der Nährstoffanalyse: Mittelwerte und Standardabweichung (s) der Fläche „Im Berge“ und der Teilflächen; hochgestellter ungleicher Buchstabe zeigt einen signifikanten unterschiedlichen Mittelwert zwischen den Teilflächen des entsprechenden Messwertes an (* Angaben in mg / 100 g Boden).

	Ø Im Berge		Teilfläche 1		Teilfläche 2		Teilfläche 3	
	Mittelwert	s	Mittelwert	s	Mittelwert	s	Mittelwert	s
pH-Wert	6,3	0,5	6,0 ^a	0,4	6,0 ^a	0,3	6,5 ^b	0,4
P ₂ O ₅ *	18	8,0	19 ^a	6,1	13 ^b	3,8	20 ^a	9,3
K ₂ O*	29	7,6	23 ^a	5,9	31 ^b	6,9	30 ^b	4,2
MgO*	7	1,6	6 ^a	1,3	7 ^b	1,0	8 ^c	1,6

Fazit

Durch die Unterteilung der Fläche in Teilflächen mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit ist es möglich, eine planmäßige Bodenprobenentnahme durchzuführen. Die Bodenproben werden gezielt von der entsprechenden Teilfläche entnommen. Anhand der vorliegenden Analyseergebnisse der Teilflächen ist es möglich, eine differenzierte Düngungsmaßnahme unter Berücksichtigung der Bodenart und der Nährstoffgehalte durchzuführen.

Danksagung

Diese Untersuchung fand im Rahmen des Forschungsschwerpunkts PIROL statt; PIROL wurde von der VolkswagenStiftung gefördert.

Literatur

- Hinck, S. 2009: Ermittlung pflanzenbaulich relevanter Bodenkenndaten mit Hilfe von ausgewählter Bodensensorik. Dissertation an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftlichen Fakultät III, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, im Druck.
- Hinck, S.; K. Mueller; N. Emeis und O. Christen, O. 2008: „Abgrenzen von Teilflächen mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit (Anwendungsbeispiel)“, S. 289 - 290 in Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Band 20, Hrsg.: Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. Verlag Schmidt&Klaunig KG, Kiel.
- Neufang, L.; K. Auerswald und W. Flacke 1989: Automatisierte Erosionsprognose und Gewässerverschmutzungskarten mit Hilfe der dABAG – ein Beitrag zur standortgerechten Bodennutzung. Bayer. Landw. Jahrbuch 66: S. 771 – 789.

Mehrfährige Untersuchungen zur variablen Aussaatiefe und Stickstoff-Düngung in Körnermais

Johanna Link, Thorsten Knappenberger*, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

Einleitung

Auf einem Maisschlag der Versuchsstation Ihinger Hof wurden in einem dreijährigen Versuchsansatz die Aussaatiefe, sowie die Stickstoffdüngung teilflächenspezifisch variiert. Ziel der Studie war, über drei Jahre die Auswirkungen der Aussaatiefe auf den Feldaufgang und die Entwicklung des Maisbestandes zu erfassen und hinsichtlich ihrer teilflächenspezifischen Anpassung zu bewerten. Die Auswirkungen der ausgebrachten Stickstoffdüngung wurde in allen drei Jahren anhand des Biomasseaufwuchses über den Vegetationszeitraum und den erzielten Kornertrag erfasst und beurteilt.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Ihinger Hof (693 mm, 8,1 °C) wurde in den Jahren 2006 – 2008 auf dem heterogenen Schlag Riech (ca. 10 ha) ein Versuch zur variablen Aussaatiefe und teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung in Körnermais angelegt. Der heterogene Schlag wurde in 80 Teilflächen (36 m x 36 m) unterteilt, wobei jede Teilfläche anhand der Bodentextur klassifiziert wurde. Für die Aussaat wurden innerhalb jeder Teilfläche auf je 6 m x 36 m Ablagetiefen von 4, 5, 6, 7, 8 und 9 cm realisiert. Die Verteilung der Ablagetiefen wurde innerhalb der Teilflächen randomisiert. Für die Stickstoffdüngung wurde in jeder Teilfläche auf 24 m x 36 m eine modellbasierte variable Stickstoffdüngung (100 - 210 kg N ha⁻¹) und auf 12 m x 36 m eine praxisübliche Kontrollvariante (uniform) mit konstanter Düngermenge (160 kg N ha⁻¹) ausgebracht. Die Berechnung der variablen Stickstoffdüngung erfolgte mit Hilfe des prozess-orientierten Pflanzenwachstumsmodells APOLLO (Batchelor et al. 2004; Link et al. 2006).

Über den Versuchszeitraum von drei Jahren wurde der Feldaufgang, der Biomasseverlauf und der Kornertrag für alle Varianten bestimmt. Die Ernte erfolgte mit einem Mähdrescher mit Ertragskartierung.

Ergebnisse und Diskussion

Hinsichtlich des Feldaufgangs von Körnermais konnte in allen drei Jahren – mit Ausnahme der geringsten Ablagetiefe im Jahr 2006 – kein signifikanter Unterschied zwischen den Ablagetiefen ermittelt werden. Zwischen den Jahren lagen jedoch signifikante Unterschiede vor. In 2006 lag der mittlere Feldaufgang bei 75,3 %, in 2007 bei 91,3 % und im Jahr 2008 bei 81,1 %.

Auch in Bezug des Kornertrages konnte in allen Untersuchungsjahren kein signifikanter Effekt der Ablagetiefe ausgemacht werden. Entsprechend zu obigen Ergebnissen lagen aber signifikante Unterschiede zwischen den Jahren vor.

Bezüglich der geernteten Biomasse konnte lediglich im Jahr 2007 zum Erntetermin ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Düngevarianten ermittelt werden (12848 kg ha⁻¹ in der praxisüblichen Variante und 14398 kg ha⁻¹ in der variabel gedüngten Variante). Für die weiteren Beprobungstermine lagen keine Unterschiede vor.

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

* Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart

Für die Kornerträge konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Düngemethoden ausgemacht werden, wobei im Jahr 2007 und 2008 der Kornertrag der variabel gedüngten Variante den Ertrag der praxisüblichen Variante (uniform) überstieg (Abb. 1). Demgegenüber lagen signifikante Unterschiede im Kornertrag zwischen den Jahren vor.

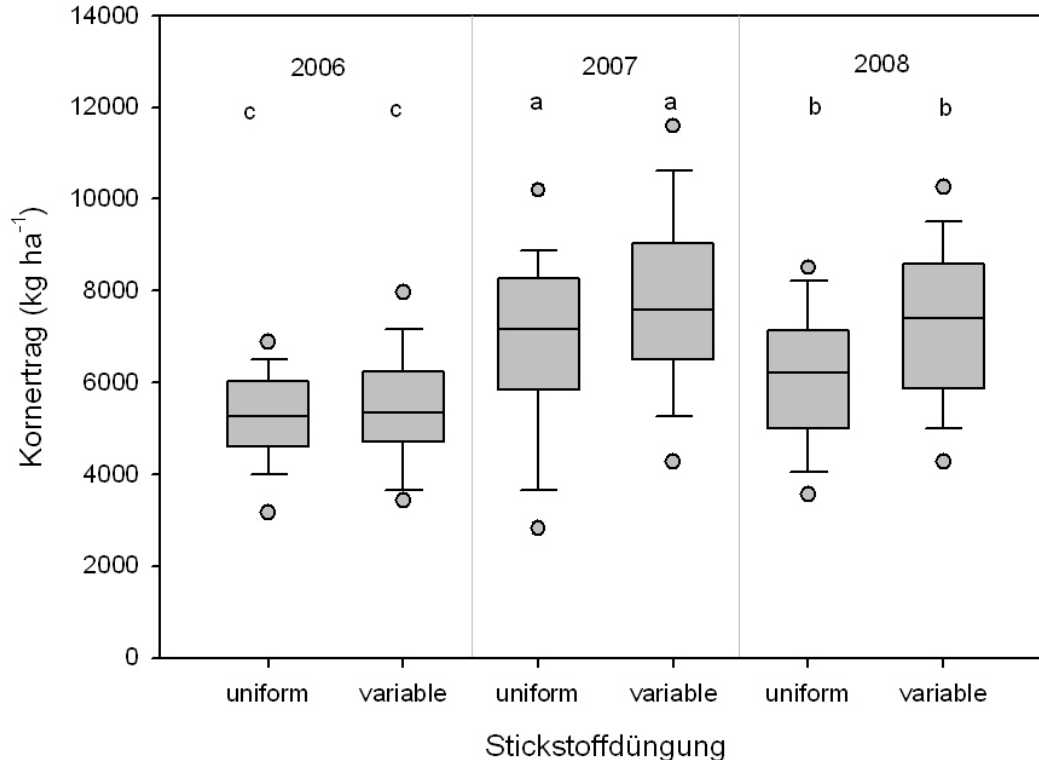


Abb. 1: Kornertrag für die praxisübliche (uniform) und die variable Stickstoffdüngung in den Jahren 2006, 2007 und 2008.

Diese ersten Auswertungen der Ergebnisse zeigen, dass der Einfluss der Jahreswitterung den Einfluss von Aussaatiefe und Stickstoffdüngung auf die Ertragsbildung auf diesem Standort übersteigt. Es sind daher weitergehende Analysen der ertragsbeeinflussenden Faktoren, wie Unterschiede in der Wasserverfügbarkeit innerhalb des Schlages, vorgesehen.

Literatur

- Batchelor, W.D., J.O. Paz and K.R. Thorp 2004: Development and evaluation of a decision support system for precision farming. In: Proceedings of the 7th Precision Ag Conference, July 25-28, Minneapolis, MN. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Link, J.; S. Graeff; W.D. Batchelor and W. Claupein 2006: Evaluating the economic and environmental impact of environmental compensation payment policy under uniform and variable-rate nitrogen management. - *Agricultural Systems* 91: 135-153.

Der Einfluss von Grünlanderneuerung mit einer eingeschobenen Ackerzwecknutzung auf die Stickstoffflüsse im System Boden-Pflanze

Maria Schmeer, Ralf Loges & Friedhelm Taube

Einleitung

Im Zuge der Umsetzung der europäischen Agrarreform in Deutschland werden im Rahmen der Cross-Compliance hohe Anforderungen an die „gute fachliche Praxis“ des Landwirtes gestellt. Diesbezüglich wird auch das Verbot von Grünlandumbruch geregelt. Ebenso bereiten die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) und der Nitratrichtlinie (91/676/EWG) den Weg hin zu einem effizienten und möglichst verlustarmen Einsatz von Stickstoff in der Landwirtschaft. Häufige Ursachen für die Entscheidung des Landwirtes für eine Grünlanderneuerung sind die Unterschreitung eines Mindestanteils der hochwertigen Futtergräser im Bestand von 40-50 % oder die Degradierung der Grasnarbe infolge von Verdichtung bedingt durch Bewirtschaftungsmaßnahmen. Auch die Überführung von Grünland in Ackerland macht einen Umbruch erforderlich. Sowohl der Anstieg der Nitratauswaschung nach einem Umbruch als auch der Bedeutung des Umbruchzeitpunktes wurden in der Literatur ausreichend behandelt. Dagegen liegen nur unzureichende Daten zur langfristigen Entwicklung der Stickstoffflüsse in den Folgejahren einer durchgeführten Grünlanderneuerung vor. Dieses bestehende Forschungsdefizit soll mit dem durchgeführten Feldversuch verringert werden. Ebenso soll untersucht werden, ob die durch einen Grünlandumbruch freigesetzte Stickstoffmenge durch eine eingeschobene Ackerzwecknutzung effizient genutzt werden kann.

Material und Methoden

Die Feldversuchsfläche befindet sich auf dem Lindhof im nordöstlichen Teil der holsteinischen Jungmoränenlandschaft an der Eckernförder Bucht. Die dort vorherrschende Bodenart ist ein schwach humoser sandiger Lehm (sL) bzw. lehmiger Sand (IS). Die Bodentypen Braunerde, Parabraunerde, Pseudogley und Kolluvisol sind in einer kleinräumigen Variabilität zu finden. Das Klima ist mild gemäßigt und ozeanisch geprägt. Die Versuchsfläche ist seit 1993 ökologisch nach Biolandrichtlinien bewirtschaftet. Auf einem einheitlichen Ausgangsbestand wurde ein Feldversuch angelegt (Tab.1). Ausgangsbestand ist ein Dauergrünland, das 1994 angelegt wurde. Bei den Varianten mit Ackerzwecknutzung wurde nach der Getreideernte wieder ein Grasbestand etabliert. Im Anschluss an Grünlandumbruch schloss sich eine mehrjährige Beobachtungsphase der N-Flüsse an. Alle Grünlandbestände der Untersuchung wurden 4-mal über Schnitt genutzt. Zur Darstellung der Stickstoffflüsse wurde die Stickstoffauswaschung mittels Keramik- und Glassaugkerzen nach Grossmann et al (1987) in den Sickerwasserperioden 2005/06 bis 2008/09 erfasst. Zur Dokumentation der Stickstoffflüsse bezüglich der Pflanze dienen die Erträge und Stickstoffaufnahmen von Grünland und den eingeschobenen Ackerkulturen.

Ergebnisse und Diskussion

Herbstumbruch von Grünland (GN und AH) führt zu signifikant höherer Nitratauswaschung über Winter als Frühjahrsumbruch (AF) oder die nicht umgebrochene Kontrolle (GK) (Abb. 1, links). Beide Herbstumbruchtermine führen zu durchschnittlichen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser, die deutlich den Nitratgrenzwert gemäß der Trinkwasserverordnung von 50 ppm übersteigen. Die nach Ackerzwechnutzung nach erneuter Pflugfurche angesäten Grünlandbestände (AH, AF) wiesen im Gegensatz zu den bereits etablierten Beständen GK bzw. GN erhöhte Nitratauswaschungen auf (Abb. 1, rechts). Die festgestellten Nitratkonzentrationen des Sickerwassers unter der im Vorjahr neu angelegten Variante GN liegen nach dem ersten Nutzungsjahr bereits unter dem laut Trinkwasserverordnung kritischen Auswaschungswert.

Der Umbruch im Herbst (GN oder AH) führt unabhängig vom Zeitpunkt des Umbruches zu erhöhter Nitratauswaschung. Die in der Literatur beschriebene Reduzierung der Stickstoffverluste über den Pfad der Auswaschung durch eine Verschiebung des Umbruchzeitpunktes in den späten Herbst konnte nicht bestätigt werden. Die erhöhte Nitratauswaschung nach einer Ackerzwechnutzung (AH und AF) resultiert aus der nochmals stattgefundenen Bodenbearbeitung und der dadurch induzierten Mineralisierung organischer Substanz. Somit bringt ein Anbau einer Ackerzwechnfrucht bezüglich der Nitratauswaschung keine Verbesserung. Auf ökologisch bewirtschaftetem Grünland spielen Leguminosen zur Sicherstellung des Stickstoffbedarfs eine entscheidende Rolle. Vermutlich aufgrund der hohen Stickstoffnachlieferung nach dem Umbruch konnte sich der mit ausgesäte Weißklee als Stickstoffmehrer gegenüber Gräsern in den neu angelegten Grünlandflächen noch nicht ausreichend etablieren, sodass die Stickstoffträge der Kontrollflächen die jeweils hohe Weißkleeanteile aufwiesen, deutlich die Stickstoffträge der neu angelegten Grünlandbestände übersteigen.

Tabelle 1: Versuchsfaktoren und -faktorstufen

Faktor 1: Erneuerungsverfahren	Faktor 2: Gülledüngung kg/ha	Faktor 3: Jahr der Erneuerungsmaßnahme
Kontrolle Dauergrünland -GK- (15 Jahre alter Grünlandbestand)	0	2005
Grünlandumbruch/ Neuansaat Spätsommer -GN- (Pflugfurche Anfang September mit anschließender Grünlandneuansaat)	240	2006
Grünlandumbruch Herbst mit Winterweizen-(WW)-Ackerzwechnutzung -AH- (Pflugfurche mit WW-Ansaat im Herbst (Anfang Oktober) gefolgt von Grünlandneuansaat im darauf folgenden Spätsommer)		2008
Grünlandumbruch Frühjahr mit Sommerweizen-(SW)-Ackerzwechnutzung -AF- (Pflugfurche mit SW-Ansaat im Frühjahr (Anfang April), und Grünlandneuansaat im darauf folgenden Spätsommer)		

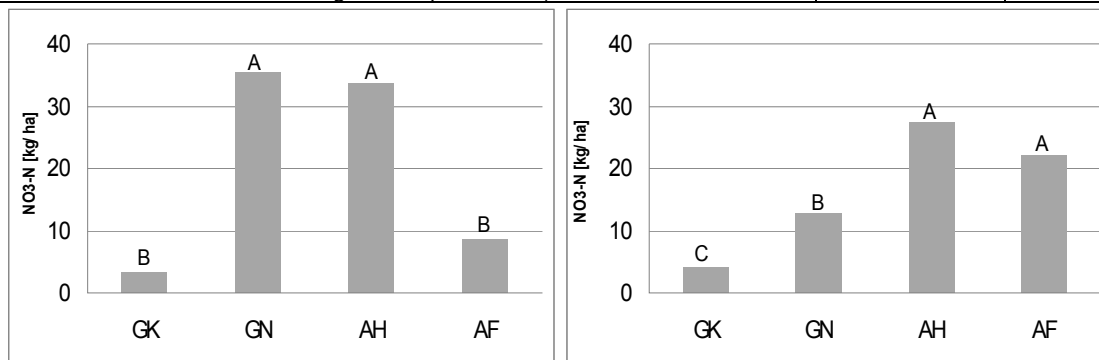


Abb. 1: Auswaschung von Nitrat-N in kg/ha/Jahr; links: Im Initialjahr des Umbruchs, rechts: Im Folgejahr des Umbruchs

Der Zusammenhang von Leguminosen-Deckungsgrad und -Ertragsanteil als Grundlage für bildanalytische Ertragsanteilschätzungen

Maike Himstedt & Michael Wachendorf

Einleitung

Die digitale Bildanalyse soll genutzt werden, um den Leguminosen-Ertragsanteil in Leguminosen/Gras-Gemengen abzuschätzen. Im ersten Schritt wird der Leguminosen-Deckungsgrad anhand digitaler Bilder der Bestände geschätzt (Rotklee, Weißklee, Luzerne und Weidelgras in Reinsaaten und binären Gemengen). Dabei ist eine möglichst genaue Deckungsgradschätzung Grundlage für die Berechnung des Leguminosen-Ertragsanteils (Himstedt et al. 2009, in diesem Band). Im zweiten Schritt ist die Beziehung von Leguminosen-Deckungsgrad zu Leguminosen-Ertragsanteil zu betrachten. Hier wurden für 49 und 63 Tage alte Bestände gute Bestimmtheitsmaße gefunden (Rotklee $R^2=0.94$, s.e. 5.2; Weißklee und Luzerne $R^2=0.96$, s.e. 4.2 bzw. 4.7) (Himstedt et al. 2009). Mit Einbeziehung jüngerer Bestände verschlechterte sich die Beziehung allerdings drastisch (Rotklee $R^2=0.74$ s.e. 9.5, Weißklee $R^2=0.89$ s.e. 5.9 und Luzerne $R^2=0.72$ s.e. 11.3). Für eine verbesserte Beschreibung der Beziehung von Ertragsanteil und Deckungsgrad unabhängig vom Bestandesalter wird im vorliegenden Beitrag die Einbeziehung der Biomasse (BM) des Bestandes geprüft.

Material und Methoden

In einem 9-wöchigen Gefäßversuch wurden Reinsaaten und binäre Gemenge von Rotklee, Weißklee, Luzerne und Deutschem Weidelgras in jeweils vier Wiederholungen untersucht. Es standen Bestände verschiedener Altersklassen (35, 49 oder 63 Tage alt) zur Verfügung ($n=64$). Einen Tag vor der Ernte wurden die Varianten mit einer Canon PowerShot G6 Digitalkamera mit einer Auflösung von 0.33 mm/ Pixel fotografiert. Anschließend wurde die Biomasse geerntet, fraktioniert und für 48 h bei 65 °C getrocknet. Für die Bildanalyse wird das Programm Optimas[®] 6.5 der Firma Media Cybernetics[®] verwendet (Beschreibung der Bildanalyse in Himstedt et al. 2009, in diesem Band). Für die multiple Regressionsanalyse wurde die GLM Prozedur in SAS verwendet. Alle Altersstufen wurden mit einbezogen (35, 49 und 63 Tage alte Bestände). Für die Ertrags- und Deckungsgradanteile der Leguminosen (%) wurde eine Logit-Transformation verwendet, da frühere Untersuchungen zeigten, dass Probleme der Relativzahlen (Varianzhomogenität und negative Schätzwerte) dadurch vermieden werden können (Conolly und Wachendorf 2001).

Ergebnisse und Diskussion

Mit Einbeziehung der BM kann der Zusammenhang von Deckungsgrad und Ertragsanteil verbessert werden (Rotklee $R^2=0.95$, Weißklee $R^2=0.99$ und Luzerne $R^2=0.99$). Illustriert wird dies am Beispiel der Rotklee-Rein- und Mischbestände (Abb.1). Deutlich wird der Einfluss der Biomasse: So entspricht bei einer BM von 150 g m⁻² ein Leguminosen-Deckungsgrad von 20 % einem Leguminosen-Ertragsanteil (LA) von 10%. Bei 30 gm⁻² entspricht dies dagegen einem LA von 30 %. Offensichtlich kann sich, je höher die Bestände werden, umso mehr Gras bzw.

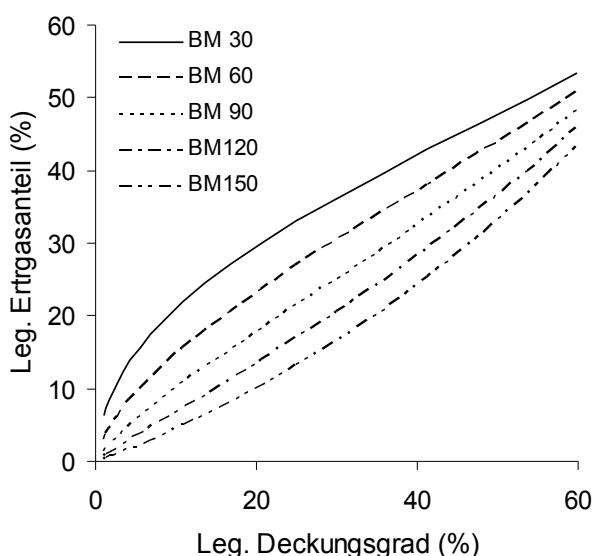


Abb. 1: Einfluss der Biomasse (BM) auf die Beziehung zwischen Leguminosen-Deckungsgrad Pv (%) und -Ertragsanteil La (% d. TM). Verwendetes Modell: $y = 0.06522 + 0.4315 \cdot Pv - 0.005126 \cdot BM + 0.0043 \cdot Pv \cdot BM$; $R^2 = 0.95$.

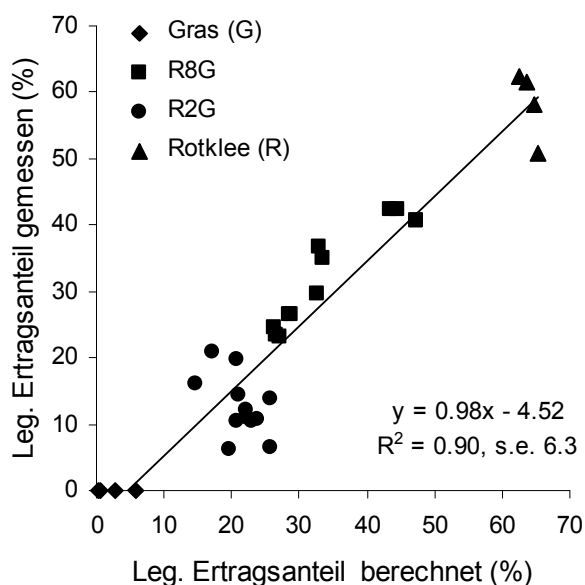


Abb. 2: Gegenüberstellung des gemessenen Leguminosen-Ertragsanteils (% d. TM) und des auf Grundlage der Bildanalyse berechneten Leguminosen-Ertragsanteils (% d. TM). R8G/R2G: Aussaatstärke Rotklee 8 kg ha⁻¹ / 2 kg ha⁻¹.

Beikraut unter den Blättern der Leguminosen verbergen, so dass sich der LA bezogen auf den Deckungsgrad verringert. Werden auf Grundlage dieser Beziehungen und der bildanalytisch erfassten Deckungsgrade die LA geschätzt, so wird z. B. für Rotklee ein Bestimmtheitsmaß von 0.9 (Weißklee $R^2 = 0.96$, Luzerne $R^2 = 0.95$) für den Vergleich von gemessenem und berechnetem Ertragsanteil erzielt (Abb. 2). Die Integration der Biomasse in das Modell bedeutet somit eine signifikante Verbesserung der Schätzgüte, was allerdings für technische Anwendungen die Notwendigkeit der störungsfreien Erfassung dieses Bestandesparameters erfordert. Untersuchungen von Biewer et al. (2009) weisen auf das für dieses Anwendungsgebiet bislang unerschlossene Potential feldspektroskopischer Methoden hin.

Literatur

Biewer, S.; T.Fricke und M. Wachendorf 2009: Determination of dry matter yield from legume-grass swards by field spectroscopy, Crop Science, (accepted).
 Connolly J. und M. Wachendorf (2001): Developing Multisite Dynamic Models of Mixed Species Plant Communities. Annals of Botany 88: 703-712.
 Himstedt, M.; T. Fricke und M. Wachendorf 2009: Determining the contribution of legumes in legume/grass mixtures using digital image analysis, Crop Science (accepted).

Spezifische PPO-Aktivität von Rotklee unter Berücksichtigung von Genotyp und Nutzung

Nina Weiher, Manuel Krawutschke, Martin Gierus & Friedhelm Taube

Einleitung

Die Verbesserung der N-Nutzungseffizienz (NUE) der Wiederkäuer kann eine Maßnahme zur Verringerung der Stickstoffverluste in spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieben sein. Bestimmte sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie kondensierte Tannine oder die Polyphenoloxidase (PPO) können hemmend auf den raschen Proteinabbau in Silagen und den Vormägen der Wiederkäuer wirken und damit die NUE verbessern. Die im Rotklee vorkommende PPO ist verantwortlich für die enzymatische Bräunungsreaktion, bei der sehr reaktive o-Chinone gebildet werden, die Chinon-Protein-Komplexe bilden können. Unterschiede in der PPO-Aktivität wurden zwischen verschiedenen Rotkleesorten und im Jahresverlauf festgestellt, aber auch bedingt durch das Nutzungssystem (Eickler 2008). Um Rotklee-Genotypen mit einer verbesserten Futterqualität zu identifizieren, wird in einem zweijährigen Feldversuch deshalb der Frage nachgegangen, welchen Einfluss verschiedene Genotypen und Nutzungssysteme auf die spezifische PPO-Aktivität und damit auf die Futterqualität ausüben. Im vorliegenden Beitrag werden erste Ergebnisse vorgestellt.

Material und Methoden

Datengrundlage bildet ein am Standort Hohenlieth (Ls, Ø 8,9 °C, Ø 804,5 mm) angelegter Feldversuch mit den Prüffaktoren Nutzungssystem und Genotypen in dreifacher Wiederholung. Dabei werden 12 Rotklee (*Trifolium pratense* L.)-Genotypen mit Weißklee (*T. repens*) (Sorte Vysocan) als Kontrolle in den beiden Systemen ohne und mit mechanischem Stress (Cambridge-Walze drei Wochen vor Schnitttermin) geprüft. Zu jedem Schnitttermin wurde an je 50 Trieben pro Parzelle das phänologische Entwicklungsstadium (mean stage by count - MSC) nach Fagerberg (1988) bestimmt. Um Erträge und Blatt/Gewichtsverhältnis (BGV) zu erfassen, wurde mit Rasenkantenschere Pflanzenmaterial von 2-3 Quadraten von 0,25 m² in einer Schnitthöhe von 5 cm entnommen. Proben für die Bestimmung der PPO-Aktivität wurden in Blatt und Stängel getrennt und die Blätter in Päckchen zu 8 g bei -27 °C tiefgefroren. Die Extraktion der PPO erfolgte in Anlehnung an Escibano (1997), nach der Zugabe von Kaffeesäure als Substrat minutliche Bestimmung von 0-12 min photometrisch bei 400 nm. Das Gesamtprotein wurde nach der Bradford-Methode bestimmt. Angegeben wird die spezifische PPO-Aktivität in IU bezogen auf Protein (µg g⁻¹ TS) als diejenige Enzymmenge, die eine Absorptionsänderung von 0,001 min⁻¹ verursacht. Die PPO-Werte wurden um das BGV korrigiert. Die gewonnenen Daten wurden einer Varianzanalyse (mixed procedure ANOVA SAS 9.1) unterzogen. Multiple Mittelwertvergleiche erfolgten mittels Tukey-Test (P < 0,05). Bei der Auswertung der spezifischen PPO-Aktivität wurden die Aufwüchse als Messwiederholung berücksichtigt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Rotklee-Jahreserträge lagen ohne Stress zwischen 1646 und 2034 g TS m⁻², mit Stress lagen die Erträge deutlich niedriger, sie erreichten mit 1300-1416 g TS m⁻² nur rund 80 % des Ertrages der Variante ohne Stress. Ausnahme bildete Genotyp 7, hier

gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Nutzungssystemen. Weißklee wies in beiden Systemen die geringsten Erträge auf.

Die spezifische PPO-Aktivität der verschiedenen Genotypen wurde bei allen vier Aufwüchsen gemessen, wobei im System mit Stress meist höhere Messwerte als im System ohne Stress ermittelt wurden. Dabei zeigte Weißklee (Genotyp 13) stets die geringste PPO-Aktivität. Signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen im System ohne Stress konnten für den 4. Aufwuchs abgesichert werden. Mit Stress zeigte sich eine deutlichere Differenzierung der spezifischen PPO-Aktivität zwischen den Genotypen (Tab. 1). Bei beiden Systemen wurden die höchsten Werte beim 4. Schnitttermin am Ende der Vegetationsperiode beobachtet, was auch frühere Untersuchungen zeigten (Eickler et al. 2007). Zu diesem Termin hat das Nutzungssystem einen besonders starken Effekt, signifikante Unterschiede konnten für die Genotypen 1, 5, 6, 7, 8 und 11 festgestellt werden.

Tab. 1: Um BGV korrigierte spezifische PPO-Aktivität in IU ($\mu\text{g Protein g}^{-1}\text{ TS}$)

Genotyp	1.Termin 08		2.Termin 08		3.Termin 08		4.Termin 08	
	Ohne Stress	Mit Stress	Ohne Stress	Mit Stress	Ohne Stress	Mit Stress	Ohne Stress	Mit Stress
1	0,41	0,57 ^{ab}	0,35	0,59	0,58	1,85 ^a	1,39 ^{abA}	3,32 ^{abA}
2	0,24	0,85 ^{ab}	0,46	0,66	0,38	0,98 ^{ab}	0,96 ^{abA}	1,49 ^{defA}
3	0,74	1,60 ^a	0,49	0,72	0,49	1,67 ^a	1,18 ^{abA}	1,78 ^{cdefA}
4	0,59	0,56 ^{ab}	0,25	0,35	0,51	1,05 ^{ab}	1,45 ^{aA}	1,03 ^{fgA}
5	0,66	0,99 ^{ab}	0,78	0,63	0,47	1,42 ^{ab}	0,97 ^{abB}	3,92 ^{aA}
6	0,42	0,67 ^{ab}	0,24	0,85	0,57	1,19 ^{ab}	1,23 ^{abB}	2,61 ^{abcdA}
7	0,16	0,76 ^{ab}	0,32	0,32	0,77	2,07 ^a	0,73 ^{abB}	3,27 ^{abA}
8	0,35	0,84 ^{ab}	0,51	0,97	0,72	1,45 ^a	1,58 ^{abB}	3,07 ^{abcA}
9	0,53	0,64 ^{ab}	0,42	0,50	0,57	1,34 ^{ab}	1,93 ^{aA}	2,42 ^{bcdeA}
10	0,51	0,64 ^{ab}	0,44	0,59	0,70	1,66 ^a	1,90 ^{aA}	2,16 ^{bcdefA}
11	0,38	0,64 ^{ab}	0,39	0,78	0,58	1,29 ^{ab}	0,69 ^{abB}	2,21 ^{bcdefA}
12	0,23	0,38 ^{ab}	0,55	0,84	0,60	0,98 ^{ab}	0,81 ^{abA}	1,21 ^{efgA}
13	0,04	0,02 ^b	0,06	0,06	0,06	0,10 ^b	0,02 ^{bA}	0,08 ^{gA}

^{a, b} zeigen signifikante Unterschiede zwischen Genotypen innerhalb eines Nutzungssystems und eines Aufwuchses; ^{A, B} zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Nutzungssystemen innerhalb des Genotyps und eines Aufwuchses ($p < 0,05$, $SE = 0,21$)

Neben Genotyp und Nutzungssystem spielt der Aufwuchs ebenso eine wichtige Rolle. Zum 4. Termin wiesen alle Genotypen einen geringeren MSC (die Pflanzen waren demnach weniger weit entwickelt als zu den Schnittzeitpunkten davor) als bei den ersten drei Aufwüchsen auf, was für die beobachteten Werte auf den Einfluss von Witterung und Alter (phänologische Entwicklung) der Rotkleepflanzen zum Schnittzeitpunkt hinweist. Rückschlüsse auf Futterqualität lassen sich anhand der einjährigen Daten der spezifischen PPO-Aktivitäten noch nicht treffen.

Literatur

- Eickler, B. 2008: Nutritive value of forage legumes with special reference to polyphenol oxidase activity in red clover. Dissertation. Universität Kiel.
- Eickler, B.; M Gierus und F. Taube 2007: Einfluss der Grünlandnutzung auf die PPO-Aktivität in Rotklee. In: Zikeli, S.; W. Claupein; S. Dabbert; B. Kaufmann; T. Müller A. und Valle Zárate (Hrsg.): Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hohenheim, 541-544.

Effekte der spezifischen Polyphenoloxidase-Aktivität auf Gärqualitätsmerkmale verschiedener Rotkleegenotypen

Manuel Krawutschke, Nina Weiher, Martin Gierus, Johannes Thaysen*
& Friedhelm Taube

Einleitung

Das maßgebliche Ziel der Gärfutterbereitung ist die Erzeugung von qualitativ hochwertigen Silagen mit möglichst geringen Nährstoffverlusten. Bereits nach dem Schnitt der Futterpflanzen unterliegt jedoch das Protein enzymatisch bedingten Abbauprozessen, die bei Rotklee vermutlich aufgrund der Polyphenoloxidase (PPO)-Aktivität deutlich geringer sind als bei anderen Futterleguminosen. Nach Untersuchungen von Lee et al. (2008) führt eine erhöhte PPO-Aktivität im Rotklee zu signifikant niedrigeren Ammoniak-N-Gehalten am Gesamt-N in der Silage. Im Juni 2007 wurde daher auf den Versuchsflächen der Norddeutschen Pflanzenzucht in Hohenlieth ein Feldversuch angelegt, um zu klären, welche Auswirkungen eine durch die Prüffaktoren Nutzungssystem (ohne und mit mechanischem Stress) und Genotyp (12 Rotkleegenotypen sowie Weißklee als Kontrolle) bedingte spezifische PPO-Aktivität auf die Gärqualität in einem Vierschnittsystem hat. Es wird erwartet, dass durch einen Anstieg der spezifischen PPO-Aktivität die Ammoniak-N-Gehalte verringert werden.

Material und Methoden

Zur Silierung wurden im ersten Versuchsjahr 2008 drei Rotkleegenotypen (Milvus, Montana, Harmonie) sowie Weißklee (Sorte: Vysocan) gewählt. Das Erntegut wurde mit einem Häcksler auf eine Länge von ca. 3 cm zerkleinert, angewelkt und anschließend in 1,5 l Laborsilos gefüllt. Vor dem Einsilieren erfolgte eine TM-Bestimmung von jeder Variante. Die Fermentationsdauer betrug 90 Tage. Folgende Parameter wurden nach dem Öffnen der Silos ermittelt: Gärverlust, pH-Wert und $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt am Gesamt-N. Für die Analyse der PPO-Aktivität in Anlehnung an Escribano et al. (1997) wurde unmittelbar vor dem Schnitttermin Blattmaterial aus den Parzellen entnommen und sofort eingefroren. Zudem erfolgte die Erfassung des Blatt/Gewichtsverhältnisses (BGV).

Die varianzanalytische Auswertung der Versuchsdaten wurde mit dem Statistikprogramm SAS 9.1 durchgeführt, wobei die TM des Siliergutes als Kovariable und die verschiedenen Aufwüchse als Messwiederholung Berücksichtigung fanden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kovarianzanalyse ergab für den Ammoniak-N-Gehalt eine signifikante Wechselwirkung Nutzungssystem x Genotyp x Aufwuchs ($P < 0,0001$), die Tab. 1 zu entnehmen ist. Es fiel auf, dass die Silierung von Weißklee in beiden Nutzungssystemen des vierten Aufwuchses zu den signifikant geringsten Werten führte. Dies traf ebenfalls auf den Gärverlust (nicht dargestellt) zu. Tendenziell lagen die $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalte im Primäraufwuchs am niedrigsten. Der in der Literatur angegebene Grenzwert von 8 % wurde zumeist nur in den Folgeaufwüchsen überschritten, wobei sich aber die $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalte in den pH-Werten der Silagen (nicht dargestellt) wider-

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau,
Christian-Albrechts-Universität, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

* Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Pflanzenbau/Pflanzenschutz/Landtechnik,
Am Kamp 15-17, 24768 Rendsburg

spiegelten. So wurde in den meisten Silagen der kritische pH-Wert nicht erreicht. Vermutlich war nicht genügend Substrat für eine ausreichende Milchsäurebildung und damit eine schnelle pH-Wert-Absenkung vorhanden, die erforderlich ist, um den Proteinabbau rasch zu unterbinden.

Tab. 1: Ammoniak-N-Gehalt (TM=37,4 %; SE=1,38) und spezifische PPO-Aktivität (SE=0,19) in Abhängigkeit von Nutzungssystem, Genotyp und Aufwuchs

System	Genotyp	Ammoniak-N-Gehalt [% Gesamt-N]			
		1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
ohne mech. Stress	Weißklee	7,34 aB	17,36 aA	11,29 aAB	10,06 bB
	Milvus	6,08 aB	10,25 bB	10,04 aB	18,29 aA
	Montana	7,23 aB	12,29 abAB	10,10 aAB	16,18 aA
	Harmonie	7,05 aA	13,08 abA	9,97 aA	12,53 abA
mit mech. Stress	Weißklee	7,96 aB	14,62 aA	10,53 aAB	8,55 bAB
	Milvus	8,88 aA	13,23 aA	8,28 aA	12,94 abA
	Montana	8,30 aC	15,37 aAB	9,74 aBC	18,33 aA
	Harmonie	6,95 aB	16,39 aA	9,99 aAB	15,19 aA
Spezifische PPO-Aktivität [IU/µg Protein/g TS] in Bezug auf das BGV					
ohne mech. Stress	Weißklee	0,04 aA	0,03 aA	0,08 aA	0,04 cA
	Milvus	0,24 aA	0,38 aA	0,48 aA	1,20 bA
	Montana	0,16 aB	0,31 aB	0,73 aAB	1,31 bA
	Harmonie	0,53 aB	0,42 aB	0,58 aB	2,45 aA
mit mech. Stress	Weißklee	0,04 aA	0,04 aA	0,11 aA	0,08 cA
	Milvus	0,89 aAB	0,86 aAB	0,59 aB	1,48 bA
	Montana	0,85 aB	0,39 aB	0,93 aB	3,27 aA
	Harmonie	0,66 aB	0,64 aB	0,80 aB	2,42 abA

a,b kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb eines Nutzungssystems und einem Aufwuchs; A,B kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Aufwüchsen innerhalb eines Nutzungssystems und einem Genotyp (Tukey-Test; $P < 0,05$)

Bei der PPO-Aktivität, die auf das BGV korrigiert wurde, konnten nur im Herbstaufwuchs Signifikanzen zwischen den Genotypen festgestellt werden (Tab. 1). Im Nutzungssystem ohne mechanischen Stress des vierten Aufwuchses nahmen die $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalte mit steigender PPO-Aktivität ab, wohingegen sich im Nutzungssystem mit mechanischem Stress die Verhältnisse umkehrten. Demzufolge konnten keine einheitlichen Zusammenhänge zwischen der spezifischen PPO-Aktivität und dem $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt beobachtet werden. Im Vergleich zu Lee et al. (2008) wurde der Rotklee allerdings deutlich stärker angewelkt, so dass der Anwelkgrad möglicherweise die Effekte der PPO überlagerte. Insgesamt erlauben die vorliegenden einjährigen Ergebnisse keine eindeutigen Aussagen zum Einfluss einer variierenden PPO-Aktivität auf den Ammoniak-N-Gehalt von Rotkleesilage. Weitere Untersuchungen, insbesondere zur Proteinqualität und das zweite Versuchsjahr sollen die Zusammenhänge zwischen der spezifischen PPO-Aktivität und der Futterqualität klären.

Literatur

- Escribano, J.; Cabanes, J.; S. Chazarra and F. Garcia-Carmona 1997: Characterization of monophenolase activity of table beet polyphenol oxidase. Determination of kinetic parameters on the tyramine/dopamine pair. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 4209-4214.
- Lee, M.R.F.; Scott, M.B.; Tweed, J.K.S.; F.R. Minchin and D.R. Davies 2008: Effects of polyphenol oxidase on lipolysis and proteolysis of red clover silage with and without a silage inoculant. *Animal Feed Science and Technology* 144: 125-136.

A new method for determine the phenological development of perennial ryegrass swards (*Lolium perenne* L.) and determining its relationship with some quality parameters

Heba Salama, Marc Lösche, Antje Herrmann, Martin Gierus & Friedhelm Taube

Introduction

Accurate identification of the growth stage of a grass sward is critical to many forage breeding and management decisions. In the early 1990s Moore et al. (1991) recommended using the mean stage by count (MSC) as a numerical index for quantifying the developmental morphology of grass swards. However, it takes long time to classify a herbage sample and the decisions involved in the classification are relatively subjective. Despite of that, MSC appears to have a high correlation to the nutritive value of perennial forage grasses (Van Soest, 1994). The objective of this study was to develop a new numerical index for quantifying the phenological development of perennial grasses, which is less time consuming and can be routinely and easily applied in the field and provides similar correlations to the important quality traits as the commonly used MSC.

Material and methods

A two-year field experiment was conducted at one site in Northern Germany. Twenty diploid intermediate-heading perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) genotypes were evaluated in a randomized complete block design with three replicates. The experiment was managed with four cuts; first and second cuts were included in the present study and involved three sampling dates within each cut. Forage quality was estimated by NIRS, based on the following wet chemical analysis: NDF, ADF and ADL using the semiautomatic ANKOM apparatus (Van Soest et al., 1991). DOM (g kg^{-1} DM) was calculated according to Weißbach et al. (1999) based on the cellulase method (De Boever et al., 1988). The phenological stages of a random sample of 50 tillers were classified according to Park (1980). The percentage of tillers above a given developmental stage i was calculated, resulting in a total of 10 different new maturity indices (NMI_i). As a reference method, the MSC was computed. MSC and NMI_i , and forage quality traits were computed using Spearman's rank correlation coefficient in SAS 9.1 PROC CORR.

Results and discussion

Correlation analyses between percentage of tillers above each developmental stage i and the investigated parameters (Table 1) revealed that considering the percentage of tillers above stage B (denoted as NMI_8), which is defined as swelling of the upper leaf sheath, proved to be significantly correlated to the quality parameters as the MSC. Moreover, the magnitude of correlation was highly comparable to that produced from the MSC for both cuts and all sampling dates. This was in good accordance with the findings of Ansquer et al. (2009) who stated that making observations at the flowering stage gives relevant information on the other stages. Similarly, Mika (1983) suggested that a sampling date at or near ear emergence is to be preferred for routine evaluation. Correlation coefficients clearly fluctuated for the quality parameters and reached mostly the highest values in case of the DOM compared to the fibre fractions. Generally, higher correlation coefficients were

observed for 1st rather than 2nd cut. Because the reproductive tillers are the main component of the NMI8, its correlation with the studied quality parameters will become weaker and less distinguishable as the number of reproductive tillers decrease which was clearly observed in the 2nd cut.

Table 1: Spearman's rank correlation coefficients between percentage of tillers beginning each developmental stage and the different quality parameters, pooled over year and replicate. Maturity stages S2 to OH (according to Park (1980)) represent the new maturity indices NMI_{*i*} (*i* = 5-11)

Cut	Sampl. date	Parameter	MSC	NMI _{<i>i</i>}						
				5 K1	6 K2	7 K3	8 B	9 G1.1	10 G1.5	11 G1.9
1	1	NDF	0.32**	0.36**	0.31*	0.21*	0.22*	0.17		
1	1	ADF	0.34**	0.37**	0.32*	0.20*	0.24*	0.22*		
1	1	ADL	0.54**	0.48**	0.55**	0.48**	0.44**	0.40**		
1	1	DOM	-0.84**	-0.85**	-0.82**	-0.69**	-0.74**	-0.59**		
1	2	NDF	0.57**	0.48**	0.59**	0.52**	0.62**	0.58**	0.57**	
1	2	ADF	0.67**	0.56**	0.68**	0.62**	0.68**	0.59**	0.61**	
1	2	ADL	0.51**	0.42**	0.52**	0.47**	0.63**	0.55**	0.58**	
1	2	DOM	-0.69**	-0.53**	-0.72**	-0.65**	-0.68**	-0.64**	-0.69**	
1	3	NDF	0.78**	0.48**	0.70**	0.76**	0.81**	0.67**	0.64**	0.39**
1	3	ADF	0.72**	0.53**	0.72**	0.74**	0.74**	0.55**	0.56**	0.59**
1	3	ADL	0.83**	0.37**	0.59**	0.70**	0.83**	0.79**	0.77**	0.55**
1	3	DOM	-0.81**	-0.39**	-0.63**	-0.75**	-0.81**	-0.73**	-0.73**	-0.54**
2	1	NDF	0.47**	0.43**	0.39**	0.33**	0.39**	0.49**	0.55**	0.56**
2	1	ADF	0.39**	0.32**	0.27*	0.23*	0.32**	0.43**	0.50**	0.49**
2	1	ADL	0.48**	0.54**	0.49**	0.40**	0.38**	0.41**	0.46**	0.46**
2	1	DOM	-0.51**	-0.44**	-0.41**	-0.37**	-0.41**	-0.56**	-0.66**	-0.65**
2	2	NDF	0.31*	0.20*	0.22*	0.26*	0.28*	0.36**	0.40**	0.21*
2	2	ADF	0.33**	0.17	0.18	0.25*	0.34**	0.37**	0.38**	0.20*
2	2	ADL	0.47**	0.34**	0.36**	0.37**	0.31*	0.39**	0.49**	0.36**
2	2	DOM	-0.35**	-0.28*	-0.28*	-0.30*	-0.26*	-0.33**	-0.42**	-0.24*
2	3	NDF	0.18	0.09	0.13	0.17	0.18	0.26*	0.29*	0.16
2	3	ADF	0.18	0.09	0.16	0.18	0.20*	0.27*	0.30*	0.17
2	3	ADL	0.21*	0.16	0.20*	0.23*	0.23*	0.28*	0.33**	0.22*
2	3	DOM	-0.40**	-0.28*	-0.37**	-0.41**	-0.43**	-0.50**	-0.54**	-0.41**

References

- Ansquer, P.; R. Al Haj Khaled; P. Cruz; J.-P. Theau; O. Therond and M. Duru 2009: Characterizing and predicting plant phenology in species-rich grasslands. *Grass Forage Sci.* 64: 57-70.
- De Boever J.L.; B.L. Cottyn; J.I. Andries; F.X. Buysse and J.M. Vanacker 1988: The use of cellulose technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of forages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19: 247-260.
- Mika, V. 1983: A comparison of the nutritive values of early and late varieties of timothy. *Grass Forage Sci.* 38: 67-71.
- Moore, K.J.; L.E. Moser; K.P. Vogel; S.S. Waller; B.E. Johnson and J.F. Pedersen 1991: Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agron. J.* 83: 1073-1077.
- Park, B.-H. 1980: Untersuchungen zum Entwicklungsverlauf im Primäraufwuchs von perennierenden Futtergräsern. Diss., Universität Gießen.
- Van Soest, P.J. 1994: Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press (Second edition).
- Van Soest, P.J.; J.B. Robertson and B.A. Lewis 1991: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Weißbach F.; S. Kuhla; L. Schmidt and A. Henkels 1999: Estimation of the digestibility and the metabolizable energy of grass and grass products. *Proceedings of the Society of the Nutritional Physiology.* 8: 72.

Vergleich ausgewählter trockenoleranter Gräser bei spezieller Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet

Josef Schrabauer, Johann Humer* & Peter Liebhard

Einleitung

Gräser in Reinsaat oder in Gemenge mit Leguminosen sowie im Dauergrünland mit der jeweiligen Artenzusammensetzung sind vielfach die Futtergrundlage für den Nutztierbestand. Einzelbetrieblich haben sie auch Bedeutung als Substrat in der Biogasproduktion. Längere Trocken- oder Hitze- bzw. Kälteperioden wirken sich aufgrund der unterschiedlichen natürlichen Standortbedingungen (Klima, Boden, Hangneigung, Ø Niederschlagsmenge und -verteilung) verschieden stark negativ auf die Ertragsleistung aus.

Ziel der Arbeit ist ein Vergleich der derzeit verwendeten (meist heimischen) Futtergräser mit neuen oder weltweit bisher wenig bearbeiteten Arten in zwei klimatisch unterschiedlichen Produktionsräumen für eine Futternutzung bzw. als nachwachsender Rohstoff. Es wird erwartet, dass diese Gräserarten bei veränderten Klimabedingungen und unter speziellen Stresssituationen aufgrund ihres „tiefergehenden Wurzelsystems“ höhere Ertragsleistungen erbringen.

Material und Methoden

Auf zwei unterschiedlichen Standorten (Klima und Boden), die einen Großteil des trockenstressgefährdeten, landwirtschaftlichen Produktionsgebietes in Österreich repräsentieren, wurden Feldversuche angelegt: Standorte **St. Leonhard/Forst**, semihumider Klimaraum, und **Groß Enzersdorf**, semiarider Klimaraum.

Tab. 1: Ausgewählte Gräserarten

Gräser des Tribus <i>Triticeae</i>		Gräser anderer Triben	
Art – Sorte	Trivialname	Art – Sorte	Trivialname
<i>Agropyron elongatum</i> - 'VNS'	Tall Wheatgrass	Trockengräser:	
<i>Agropyron elongatum</i> - 'Szarvasi I'	Tall Wheatgrass	<i>Bromus inermis</i>	Wehrlose Trespe
<i>Agropyron elongatum</i> - 'Alkar'	Tall Wheatgrass	<i>Bromus marginatus</i> - 'Tacit'	Mountain Brome
<i>Agropyron intermedium</i> - 'Rush'	Intermediate Wheatgrass	<i>Bromus biebersteinii</i> - 'MacBeth'	Aufrechte Trespe Typ USA
<i>Agropyron desertorum</i>	Desert Wheatgrass	<i>Bromus erectus</i>	Aufrechte Trespe Typ EU
<i>Agropyron cristatum</i>	Crested Wheatgrass	<i>Panicum virgatum</i> - 'Blackwell'	Rutenhirse, Switchgrass
<i>Elymus hoffmannii</i> - 'Newhy'	Green Wheatgrass	Sonstige Gräser:	
<i>Agropyron trachycaulum</i> - 'Revenue'	Western-Ryegrass	<i>Agrostis gigantea</i> - 'Kita'	Hohes Straußgras
<i>Elymus junceus</i>	Russian wildrye	<i>Arrhenatherum elatius</i> - 'Arone'	Glatthafer
<i>Agropyron repens</i>	Kriechende Quecke	<i>Dactylis glomerata</i> - 'Tandem'	Knautgras
		<i>Festuca arundinacea</i> - 'Belfine'	Rohrschwengel
		<i>Lolium perenne</i> - 'Tivoli'	Deutsches Weidelgras

Versuchsfaktoren waren Grasart bzw. -sorte, Standort, Düngung und Nutzungshäufigkeit. Die Anlage wurde als teilrandomisierter Block mit drei Wiederholungen angelegt.

Ab der Aussaat (August 2007 und Mai 2008) wurde der Einfluss des Standortes und der Witterung auf den Wachstums- und Entwicklungsverlauf beurteilt. Von jedem Erntetermin (Schnitt) wurden der Frisch- und Trockenmasseertrag ermittelt sowie ausgewählte Qualitätskriterien bestimmt. Im Jahr 2008 erfolgten zwei Schnitte (mit

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

* LK NÖ, Fachabteilung Pflanzenproduktion, Wiener Straße 64, 3100 St. Pölten

Ausnahme der 2008 ausgesäten Parzellen, auf welchen nur einmal geerntet wurde). Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikpaket SAS Enterprise Guide 4. Mittelwertvergleiche wurden mit dem Student-Newman-Keuls-Test ($\alpha = 0,05$) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Beitrages lagen je nach Aussaattermin erst ein- bzw. zweijährige Ergebnisse vor; von den Gräsern wird eine mindestens 10-jährige Nutzungsdauer erwartet. Dadurch war noch keine abschließende Bewertung bezüglich Ertragsleistung und spezieller Qualitätskriterien möglich. Es wird erwartet, dass noch nach der Etablierungsphase es zu Veränderungen im Pflanzenbestand kommt. Von den bereits 2007 gesäten Gräsern (2 Schnitte) ergaben *Agropyron elongatum* „Szarvasi I“ a (reduzierte Saatstärke), *Agrostis gigantea* und *Agropyron elongatum* „Szarvasi I“ b (hohe Saatstärke) die höchsten Erträge, gefolgt von *Arrhenatherum elatius* und *Festuca arundinacea*. *Agropyron repens* erreichte nur den niedrigsten Ertrag.

Von allen im Jahr 2008 gedrillten Gräserarten war nur ein Schnitt möglich. *Elymus junceus* und die beiden Sorten von *Agropyron elongatum* ergaben den geringsten Ertrag. Das einzige im Versuch stehende C₄-Gras, *Panicum virgatum*, erbrachte mit großem Abstand den höchsten Ertrag. Die Ertragsergebnisse unterschieden sich signifikant. Erwartungsgemäß war der Rohproteingehalt in der TM bei den unterschiedlichen Gräserarten sowohl im ersten als auch im zweiten Schnitt verschieden hoch. Von den im Jahr 2008 gesäten Gräserarten erreichte *Agropyron trachycaulum* den höchsten RP-Gehalt. Bei den 2007 gesäten Arten erzielten im ersten Aufwuchs *Agropyron elongatum* „VNS“ und *Agropyron repens* die höchsten, *Dactylis glomerata* und *Arrhenatherum elatius* die niedrigsten RP-Gehalte. Beim zweiten Aufwuchs lagen *Agropyron repens* und *Agropyron desertorum* am oberen, *Festuca arundinacea* und *Agropyron elongatum* am unteren Ende der Gehaltswerte. Die Auswertung der unterschiedlich hohen N-Düngermenge ergab, dass mit steigender N-Düngermenge erwartungsgemäß der RP-Gehalt anstieg; bei *Dactylis glomerata* stärker als bei *Agropyron elongatum*.

Derzeit vorliegende ausgewählte Ergebnisse:

- *Agropyron elongatum*, *Festuca arundinacea* und *Panicum virgatum* weisen ein hohes Ertragspotential auf
 - Aufgrund der Rauheit des Erntegutes ist *Agropyron elongatum* nur energetisch oder stofflich verwertbar
 - *Agropyron elongatum* erfordert eine Schnitthöhe von mind. 15 cm, damit die hohe Regenerationsfähigkeit erhalten bleibt
 - Durch den langsamen Wiederaustrieb und der erforderlichen Rohstoffqualität für eine thermische Verwertung kann *Agropyron elongatum* nur einmal jährlich, im Spätsommer, genutzt werden
 - *Festuca arundinacea* zeigt eine hohe Ertragsleistung, ist trockenstresstolerant, bildet eine dichte Grasnarbe, treibt schnell wieder nach, bildet nach dem ersten Aufwuchs nur noch Blattmasse und ist daher vorzüglich zur Biogas- und Futternutzung geeignet; bezüglich Futterqualität bestehen große Sortenunterschiede
-

Einfluss unterschiedlicher Anbauverfahren (Dammkultur vs. Ebenkultur) auf Wurzeleträge und Wirkstoffgehalte von Chinesischem Salbei (*Salvia miltiorrhiza* Bunge)

Young-Hyun Sung & Bernd Honermeier

Einleitung

Der chinesische Salbei (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) ist eine mehrjährige Krautpflanze aus der Familie der Lippenblütler (*Lamiaceae*), die in der TCM als Medizinalpflanze genutzt und in Zentralasien kommerziell angebaut wird. Die pharmakologische Wirkung von *S. miltiorrhiza* besteht u. a. in einer Erweiterung der Blutgefäße und der Verbesserung der Blutzirkulation sowie in der Hemmung der Leukotrienbiosynthese (Paulus 2002). Diese Effekte werden auf phenolische Verbindungen aus der Gruppe der Tanshinone zurückgeführt, die im Rindengewebe der Wurzel lokalisiert sind (Guo 2004). Untersuchungen zum Feldanbau von *S. miltiorrhiza* in Mitteleuropa wurden bislang nur wenig durchgeführt (Bomme et al. 2009). Ziel der Arbeit war es daher, den Effekt unterschiedlicher Anbauverfahren (Damm- vs. Ebenkultur) auf Überwinterung, Wurzeleträge und Wirkstoffgehalt von *S. miltiorrhiza* unter Freilandbedingungen in Deutschland zu prüfen.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden im Jahr 2007/2008 und 2008/2009 (Pflanztermin: 5.06.2007 bzw. 17.06.2008) am Standort Groß-Gerau (Sandboden) zweifaktoriell mit 4 Wiederholungen (Parzellengröße: 12m² bzw. 18m²) angelegt. Der Boden (pH 6,7) wies eine gute P-, K- und Mg-Versorgung auf. Die Prüffaktoren waren A-Kulturform (Damm- und Ebenkultur) und B-Reihenweite (50 cm und 75 cm). Die Pflanzendichte betrug 10 Pfl./m² (50 cm) bzw. 20 Pfl./m² (75 cm). Die Anzucht der Jungpflanzen erfolgte im Gewächshaus mit Original-Saatgut aus China. Die N-Düngung betrug 60 kg/ha unmittelbar zur Pflanzung bei einem Nmin-Gehalt des Bodens (0-90 cm) von 23 kg (2007) bzw. 18 kg N/ha (2008). Zur Sicherung der Versuchsdurchführung war in allen Versuchsjahren eine Zusatzberegnung erforderlich. Die Erfassung der Wurzeleträge erfolgte mittels Grabgabel im ersten Versuch (2007/2008) nach der Überwinterung an 7 Terminen und im zweiten Versuch (2008/2009) an 4 Terminen. Im zweiten Versuch wurden zwei Ernten vor der Überwinterung und zwei Ernten nach der Überwinterung der Salbeipflanzen durchgeführt (s. Tab. 1). Der Wirkstoffgehalt wird im eigenen Labor gegenwärtig mit einer modifizierten HPLC-Methode an drei Tanshinonen untersucht. Die Laboranalysen der Proben sind noch nicht abgeschlossen. Die statistische Auswertung der Erträge erfolgte mit dem Programm PASW 17.0.2.

Ergebnisse und Diskussion

Im Laufe der Ontogenese der Salbeipflanzen konnte eine Veränderung der Wurzelfarbe und der Wurzelstruktur beobachtet werden. Mit zunehmender Entwicklung nehmen die Wurzeln eine dunklere Farbgebung an und der Anteil der Wurzelfraktion > 3 mm nimmt zu. Das trifft vor allem für die Zeitphase nach der Überwinterung zu.

Im ersten Feldversuch begann die Ernte erst am 29.5.2008 nach der Überwinterung der Salbeipflanzen. Die Wurzeleerträge waren mit 11,6 dt/ha sehr niedrig. Im Laufe der Vegetationsperiode nahmen die Wurzeleerträge von Mai bis September 2008 auf 20,2 dt/ha (Mittel der Prüfglieder) zu. Im zweiten Versuch wurden bereits mit der ersten Teilernte am 31. 10. 2008, die 5 Monate nach dem Pflanztermin erfolgte, maximale Wurzeleerträge von 21,4 dt/ha (Dammkultur) bzw. 26,7 dt/ha erzielt. Die Verzögerung der Wurzeleernte um etwa einen Monat (2. 12. 2008) bewirkte keine Veränderung der Erträge (vgl. Tab. 1). Die Überwinterung der Salbeipflanzen gelang unter den gegebenen Boden- und Witterungsbedingungen trotz strenger Frostperiode gut. Die Wurzeleerträge waren bei einer Ernte im darauf folgenden Frühjahr jedoch deutlich vermindert. So wurden im Vergleich zur Herbsterte (Ertrag am 31.10.2008 = 100 %) bei einem Erntetermin am 28.04.2009 nur noch Erträge von 64 % (Dammkultur) bzw. 63 % (Ebenkultur) und bei einem Erntetermin am 4.06.2009 Wurzeleerträge von 71 % (Dammkultur) bzw. 82 % (Ebenkultur) erzielt.

Tab. 1: Einfluss unterschiedlicher Anbauverfahren (Damm- vs. Ebenkultur) und Reihenweiten (50 cm und 75 cm) auf die Wurzeleerträge (dt/ha TM) von *Salvia miltiorrhiza* zu verschiedenen Ernteterminen, Feldversuch Groß-Gerau 2008/2009

Erntetermin	Dammkultur			Ebenkultur			Mittel	
	50cm	75cm	Mittel	50cm	75cm	Mittel	50cm	75cm
	Wurzeleerträge in dt/ha TM							
1 - 31.10.2008	21,8	21,0	21,4	28,5	24,8	26,7	25,2	22,9
2 - 02.12.2008	20,5	18,7	19,6	23,1	28,6	25,9	21,8	23,6
3 - 28.04.2009	14,6	12,9	13,8	16,9	16,9	16,9	15,8	14,9
4 - 04.06.2009	17,4	13,0	15,2	23,1	20,5	21,8	20,2	16,8

Der Vergleich der Anbauverfahren zeigte eine Überlegenheit der Ebenkultur gegenüber der Dammkultur. So wurde in der Ebenkultur mit einer Reihenweite 50 cm eine höhere Winterfestigkeit (98 %) gegenüber Dammkultur mit gleicher Reihenweite (90 %) ermittelt. Bezüglich der Wurzeleerträge (Ernte: 31.10.2008) war die Ebenkultur mit 26,7 dt/ha TM der Dammkultur (21,4 dt/ha) bereits im ersten Anbaujahr überlegen. Auch an den nachfolgenden Terminen war eine Überlegenheit der Ebenkultur gegenüber der Dammkultur festzustellen. Der Effekt der Reihenweite war nicht eindeutig.

Nach dem Chinesischen Arzneibuch soll der Gehalt an Tanshinon IIa mind. 0,2 % betragen (Paulus 2002). Das Tanshinon IIa nimmt innerhalb der Tanshinone den Hauptanteil ein. Daneben werden in den Wurzeln das Tanshinon I, das Cryptotanshinon und das Dihydratanshinon nachgewiesen (Paulus 2002). Zur Wirksamkeit der Prüfglieder auf die Tanshinongehalte der Wurzelrogen kann aufgrund der noch nicht abgeschlossenen Laboranalysen erst zu einem späteren Zeitpunkt berichtet werden.

Literatur

- Bomme, U.; R. Rinder; R. Bauer und G. Heubl 2009: Feldanbau von *Salvia miltiorrhiza* Bunge, einer in Deutschland neuen Heilpflanzenart aus der traditionellen chinesischen Medizin, Z. Arzn. Gew. Pfl., 14(3), 25-31.
- Guo, Q.-S. 2004: Anbau von Arzneipflanzen, High Education Press, China, 209-214.
- Paulus, K 2002: Untersuchungen zur Leukotrienbiosynthese-hemmenden Wirkung chinesischer Arzneidrogen, insbesondere von *Salvia miltiorrhizae* radix, Dissertation Universität Düsseldorf.

Fruit yield, essential oil concentration and essential oil composition of anise (*Pimpinella anisum* L.) depended on sowing time and sowing rate

Habib Ullah & Bernd Honermeier

Introduction

Anise (*Pimpinella anisum* L.) is a spice plant which is used for pharmaceuticals, perfumery and food industries. In European countries consumption of anise fruits is more than its production so the amount of imported anise fruits reached about 2000 t in 2004 (Rapisarda, 2004). Its fruits which are called aniseed contain around 1.5 to 5.0 % essential oil mainly composed of volatile phenylpropanoid like trans-anethole with more than 90 % (Tabanca et al. 2005). The drug as well as the essential oil is characterized by carminative, mild expectorant, diuretic, antiseptic and antispasmodic effects (Chevallier 1996). Because of its sensitivity to low temperatures low and varying fruit yields as well as essential oil concentrations are observed under humid conditions in Europe. For that reason field experiments were carried out to determine the effect of different sowing times, cultivars and planting density on fruit yield and seed quality of *Pimpinella anisum* L. under two different ecological conditions in Germany.

Materials and Methods

The field experiments were carried out at the research stations of the Institute of Crop Science and Plant Breeding (Justus Liebig University Gießen) in Groß-Gerau (49°45'N and 8°29'E, 90.7 m above sea level, sandy soil, pH 6.4, mean air temperature: 9.4°C, mean precipitation: 590 mm/year) and in Gießen (50°47'N and 8°61'E, 158 m above sea level, clay loamy soil, pH 6.5, mean air temperature: 8.5 °C, mean precipitation: 660 mm/year). The experiments were designed with three factors: A - sowing time (April 1st, two weeks later), B - planting densities (1= 0.8 g/m², 2 = 1.5g/m², 3 = 3g/m²) and C - cultivars (1. Enza Saaden, 2. Pharmasaat, 3. Hild Samen). The experiments were designed as randomized complete blocks (RCBD) with four replications. The plot area was 10 m², eight rows with row spacing 18.7 cm. After germination of anise 40 kg N/ha (NH₄NO₃ + CaCO₃) were applied. Before sowing the soil was fertilized with 30 kg/ha P and 175 kg/ha K. The herbicide Bandur (Aclonifen) 3 L/ha was applied to control weeds. During cultivation anise plants were irrigated 3 times (10 mm, 20 mm and 20 mm). The harvest was done by harvest combine at the time of full ripeness of the fruits. Anise fruits were hydro-distilled for two hours using a distillatory apparatus of Neo-Clevenger. The essential oil was analyzed using a Varian CP-3800 GC equipped with flame ionization detector (GC-FID). A capillary column DB - 5 (30 m x 0.25 mm i.d. and 0.25 µm coating thickness) was used for the separation of individual components of essential oil.

Results and Discussion

Different sowing rates led to plant densities of 51, 82 and 133 plants/m² in Gießen (1st sowing) and 189, 273 and 315 plants/m² in Groß-Gerau (1st sowing). The soil conditions in Gießen induced strong reduction of the plant density compared with

Groß-Gerau (table 1). In both stations there was a contrary effect of sowing rates on fruit yield on anise.

Table 1: Effect of different sowing times and sowing rates on fruit yield, essential oil concentration and trans-anethole of three cultivars of *Pimpinella anisum* L. (Gießen and Groß-Gerau 2008)

CV	PD		FY	Oil	Anethole		FY	Oil	Anethole
-	-	Pl.m ⁻²	dt/ha	%	%	Pl.m ⁻²	dt/ha	%	%
Gießen 2008									
1 st sowing time (1.04.2008)					2 nd sowing time (23.04.2008)				
	1	51	3.0	2.8	92.0	158	4.2	3.5	93.3
	2	82	6.0	2.5	92.3	260	4.0	3.4	93.0
	3	133	5.4	2.6	92.0	444	3.2	3.3	93.6
1	-	136	5.6	2.7	90.8	380	4.6	3.4	92.4
2	-	104	5.6	2.8	90.8	348	4.8	3.7	91.9
3	-	26	4.0	2.3	95.0	134	1.9	3.1	95.6
Groß-Gerau 2008									
1 st sowing time (1.04.2008)					2 nd sowing time (17.04.2008)				
	1	189	4.5	2.9	94.2	200	5.1	2.6	93.3
	2	273	3.7	2.9	94.5	292	4.9	2.7	93.5
	3	315	3.4	2.3	94.4	324	4.2	2.7	93.6
1	-	309	4.5	2.8	92.6	336	5.5	2.8	92.3
2	-	350	4.6	2.7	93.6	354	5.4	2.9	92.0
3	-	117	2.4	2.6	96.9	126	3.4	2.3	96.2

CV: Cultivar; 1-Enza Saaden, 2-Pharmasaat, 3-Hild Samen PD: Planting densities: 1=8 g, 2=15 g, 3=30g; FY: Fruit Yield (dt/ha DM); Oil: Essential Oil (% DM); Anethole: trans-Anethole; PL: plants m⁻²

In Gießen maximal fruit yield of 6.0 and 5.4 dt/ha were observed by plant densities of 82 and 133 PL/m². Against them in Groß-Gerau 189 PL/m² led to maximal fruit yield of 4.5 dt/ha (table 1). Higher level of plant density (273 and 315 PL/m²) caused a reduction of fruit yield. It can be supposed that aniseed plant stand is characterized by a plasticity of seed yield formation within a range of around 80 to 200 PL/m² caused by the effect of seed yield components. Within all treatments essential oil concentration of aniseed reached a level of around 3 % (2.3 to 3.7 %). There was a tendency of higher essential oil concentration in lower plant density. Delayed sowing led to increased essential oil concentration which can be attributed to better weather conditions during the stage of oil synthesis. From all tested cultivars the accession from Hild was characterized by lowest fruit yield as well as lowest essential oil concentration.

Literature

- Chevallier, A 1996: *The Encyclopedia of Medicinal Plants*. Wolfe publishing Ltd., London.
- Rapisarda, A., 2004: Economic importance and market trends of the genera *Pimpinella*, *Illicium* and *Foeniculum*. Jodral, M. (ed): *Illicium and Foeniculum*. Boca Raton: CRC Press, 191- 218.
- Tabanca, N.; B. Demirci; N. Kirimer; K.H.C. Bader; E. Bedir; I.A. Khan und D.E. Wedge 2005: Gas chromatographic - mass spectrometric analysis of essential oil from *Pimpinella* species gathered from central and northern Turkey. *J. Chromatogr.* 1117: 194-205.

Agroforst in Deutschland – Aspekte der Baumwahl

Martin Gauder, Simone Graeff-Hönninger & Wilhelm Claupein

Einleitung

Für die Anlage von Agroforstsystemen können je nach örtlichen Gegebenheiten unterschiedliche Argumente sprechen. Die wichtigsten Gründe im mitteleuropäischen Kontext sind der Naturschutz sowie eine mögliche Steigerung der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur reinen Landwirtschafts- oder Forstfläche. Häufig wird weiterhin die ästhetische Aufwertung der Kulturlandschaft durch das aufgelockerte Landschaftsbild als positiver Aspekt genannt. In diesem Beitrag werden für die wichtigsten Systeme im deutschen Kontext geeignete Gehölze aufgezeigt.

Material und Methoden

Die dargestellten Ergebnisse wurden anhand der aktuellen Literatur aus Wissenschaft und Praxis zusammengetragen.

Ergebnisse und Diskussion

Gehölze können sowohl in Grünlandbestände als silvopastorale Systeme wie auch in Ackerflächen als silvoarable Systeme integriert werden. Umgekehrt bieten auch Flächen, die primär mit Gehölzen bepflanzt werden, die Möglichkeit, landwirtschaftliche Kulturen zumindest zeitweise anzubauen. Die Wahl der Gehölze, welche in die Flächen integriert werden, kann durch Aspekte des Umweltschutzes, der maximalen Wirtschaftlichkeit wie auch nach ästhetischen Gesichtspunkten gefällt werden. Ziel sollte sein, möglichst alle drei Aspekte durch eine standortangepasste Entscheidung der Baumart, des Pflanzsystems und des Nutzungsintervalls zu berücksichtigen. In Deutschland sind traditionell silvopastorale Systeme verbreitet. Gehölzelemente auf Grünlandflächen dienen in diesen Systemen als Eingrenzung, Windschutz oder der Obstproduktion. Da die Obstproduktion von Hochstammbäumen meist unwirtschaftlich ist, werden die noch bestehenden Flächen heute häufig nur mehr wegen finanziellen Förderungen erhalten. Grundsätzlich ist eine Weidefutzernutzung mit integrierter Wertholzproduktion für tierhaltende Betriebe aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten als günstig anzusehen (Dupraz und Newman 1997). Zukünftige Potentiale ergeben sich durch die interessanter werdende Weidehaltung als Kostensenkungsmaßnahme in der Rinderhaltung. In diesem Fall sind unter süddeutschen Bedingungen Wertholzbäume, welche locker in der Fläche angeordnet sind, eine vielversprechende Option. Die Bäume benötigen nur einen kleinen Teil der Weidefläche, bieten aber Schutz und Schatten für die Tiere. Die parkähnliche Anordnung des Pflanzverbandes ist landschaftlich reizvoll. In den Mittelgebirgen Deutschlands ist für diesen Zweck der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) besonders geeignet, da er eine rasche Jugendentwicklung mit einer ausgeprägten Winterhärte verbindet, so dass er auch in Höhenlagen einsetzbar ist. In wärmeren Lagen sind Wildobstbäume, wie der Speierling (*Sorbus domestica*), gut geeignet. Die Vorteile dieses Baumes liegen in dem hohen Wert des Holzes sowie der Möglichkeit der Fruchtnutzung als Tierfutter und zur Pektingewinnung. Im norddeutschen Tiefland steht der Windschutz der Flächen im Vordergrund, hier bieten sich streifenförmige Gehölzelemente an. Robuste strauchartige Gehölze stehen im Vordergrund, diese können auf einem Erdwall als natürliche Einzäunung dienen. Eine Nutzung des

Aufwuchses als Brenn- und Bauholz kann für den Bewirtschafter von Interesse sein. Geeignete Arten sind Hainbuchen (*Carpinus betulus*), Gemeine Hasel (*Corylus avellana*) und Weiden (*Salix viminalis*). Diese Form des Agroforstes ist insbesondere wegen seines ökologischen Nutzens als Kleinbiotop hervorzuheben, lange Umtriebszeiten von etwa 15 Jahren sollten daher angestrebt werden. Auf Ackerflächen können wegen der maschinellen Bearbeitung nur streifenförmige Gehölzelemente angelegt werden. Grundsätzlich ist auch hier die Wertholzproduktion der Energieholzproduktion aus ökologischen Gründen (Umtriebszeiten) vorzuziehen. In Regionen, wo ein lokaler Bedarf an Energieholz gegeben ist, bietet der Energieholzanbau aber auch Vorteile. So entfällt die Baumpflege, welche bei der Wertholzproduktion nötig ist, und durch die kurzen Umtriebszeiten wird schneller ein Einkommen erzielt. Grundsätzlich sollte vor einer Wertholzpflanzung bedacht werden, dass die Gehölze mindestens 30 Jahre lang regelmäßig gepflegt werden müssen, um gute Qualitäten zu erzielen. Für die Wertholzproduktion eignet sich der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) und die Schwarznuss (*Juglans nigra*) sowie verschiedene Wildobstbäume. Selbst auf ungünstigen Ackerstandorten kann begehrtes Robinienholz oder Schwarzerlenholz produziert werden (Tab. 1).

Tab. 1: Ausgewählte Baumarten für die Wert- und Energieholzproduktion

Standort	Wertholzproduktion, ausgewählte Baumarten	Energieholzproduktion, ausgewählte Baumarten
trocken	Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i>) Speierling (<i>Sorbus domestica</i>)	Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i>) Blauglockenbaum (<i>Paulownia</i>)
warm, mild	Vogel-Kirsche (<i>Prunus avium</i>) Schwarznuss (<i>Juglans nigra</i>)	Balsampappel (<i>Populus trichocarpa</i>) Aspen (<i>Populus tremula</i> x <i>P. tremuloides</i>)
kühl, windig	Bergahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i>)	Weiden (<i>Salix viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i>) Birke (<i>Betula spec.</i>)
nass	Esche (<i>Fraxinus excelsior</i>) Schwarzerlen (<i>Alnus glutinosa</i>)	Grauerle (<i>Alnus incana</i>) Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i>)

Für den Energieholzanbau haben sich Weiden (*Salix spec.*) und Pappelhybriden (*Populus spec.*) bewährt. Auf ungünstigen Standorten erbringen jedoch speziell an die Verhältnisse angepasste Arten teilweise bessere Ergebnisse. In einigen Fällen kann es Sinn machen, den Schwerpunkt des Agroforstsystems auf die Gehölze zu legen. Die Pflanzabstände der Bäume sollten sich in diesen Fällen an den erwarteten maximalen Kronendurchmessern orientieren. Während der Etablierungsphase der Gehölze können die Zwischenräume zur Nahrungsmittelproduktion genutzt werden. Vor der Anpflanzung von Blauglockenbaum und Robinie sollte sichergestellt sein, dass kein Naturschutzgebiet angrenzt in welches sich die Bäume ausbreiten könnten. Bei der Auswahl der Robinie sollte weiterhin bedacht werden, dass eine vollständige Entfernung der Bäume nach der Nutzung mit erheblichen Kosten verbunden sein kann (Böcker und Dirk 2004). Zusammenfassend zeigt sich, dass eine Reihe an verschiedenen Baumarten für unterschiedliche Klimaansprüche sowie Verwertungsrichtungen zur Verfügung stehen. Aufgrund des Fehlens von wissenschaftlichen Langzeitversuchen besteht zukünftig erheblicher Forschungsbedarf, insbesondere hinsichtlich der langfristigen Auswirkungen der Gehölzstreifen auf Wachstum und Ertrag der Ackerkulturen.

Literatur

- Böcker, R. und M. Dirk 2004: Ansatz zur Bewertung von Kontrollmaßnahmen und ihrer praktischen Umsetzung bei *Robinia pseudoacacia* L. Berichte des Instituts für Landschafts- und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim 13: 41-56.
- Dupraz C. und S.M. Newman 1997: Temperate Agroforestry Systems. CAB International. 181-237.

Das Potential von Agroforstsystemen für Biobetriebe in Baden-Württemberg aus Sicht der Landwirte

Martina Mayus, Simon Zipperer & Wilhelm Claupein

Einleitung

Agroforstsysteme sind Landnutzungssysteme, in denen Bäume auf landwirtschaftlichen Flächen integriert sind. Diese multifunktionellen Landnutzungssysteme kennzeichnen sich durch ein hohes Potential, ökologische und sozialökonomische Vorteile auf landwirtschaftlichen Betrieben zu erbringen. Wesentliche Effekte der Integration von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen sind eine effiziente Ausnutzung der Wachstumsfaktoren (Licht, Wasser und Nährstoffe) sowie eine erhöhte Biodiversität (Ong und Huxley 1996). Folglich können Agroforstsysteme auch mit einem low-input an chemischen Hilfsmitteln hohe Erträge erzielen. Aus diesem Grund ist Agroforstwirtschaft für Biolandwirte eine interessante Alternative.

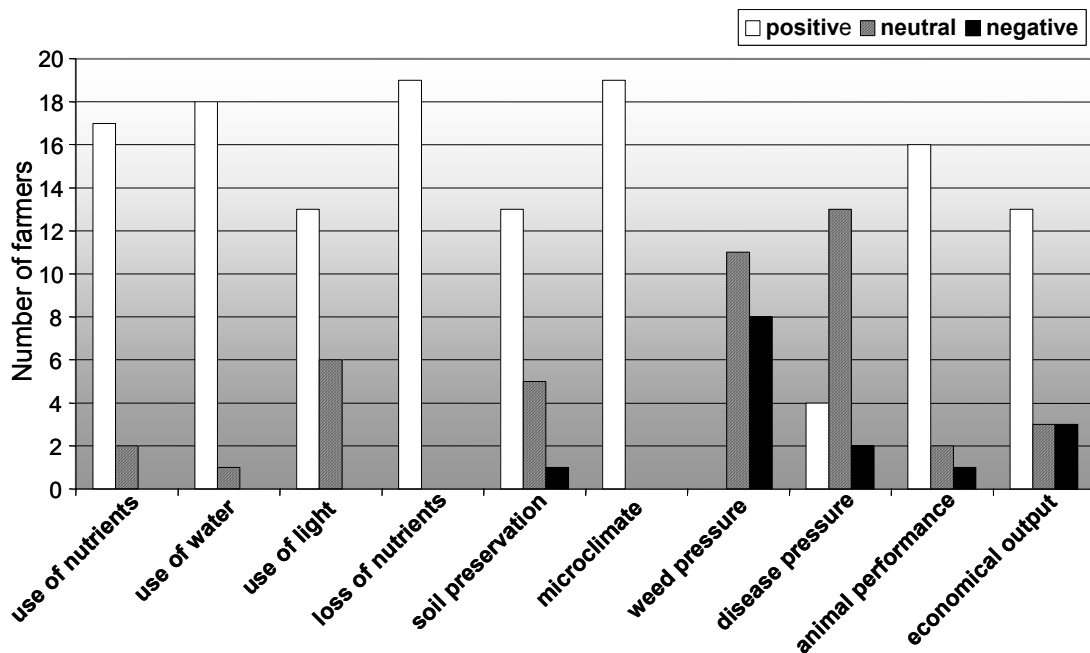
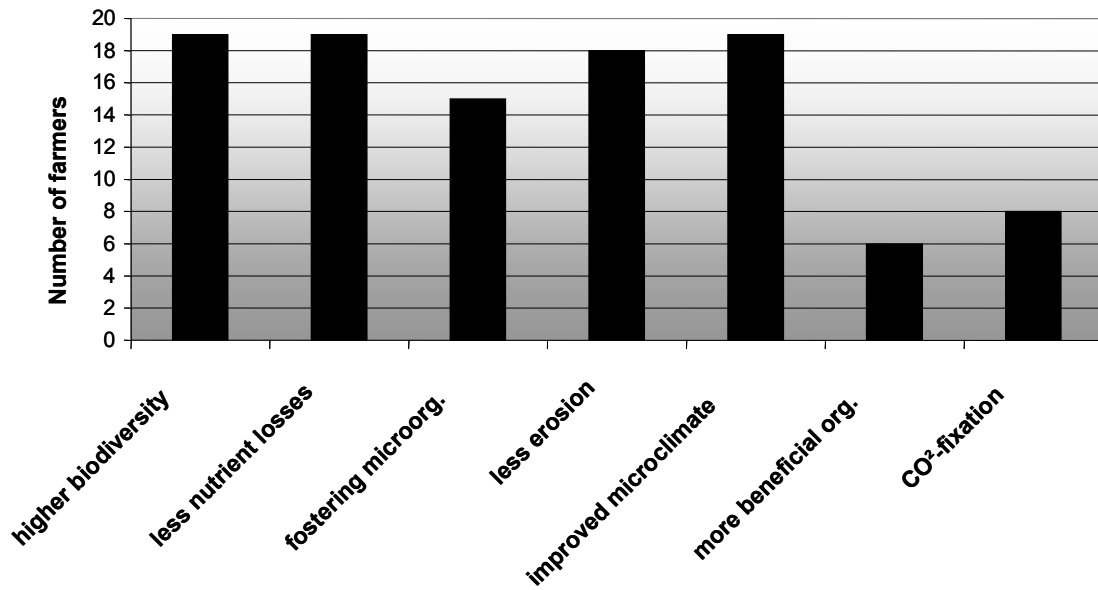
Die Umsetzung dieser Mischanbausysteme ist in Deutschland und Baden-Württemberg noch nicht gängige Praxis. Praktische Aspekte einer Agroforstwirtschaft sind den Landwirten weitgehend unbekannt. Diese Studie ermittelt die noch bestehenden Hemmnisse, die einer Einführung dieser Landnutzungsform entgegenstehen. Erfahrungen mit bereits längerfristig etablierten Systemen wurden dazu zunächst anhand einer Literaturrecherche analysiert und auf die Situation ökologisch wirtschaftender Betriebe in Baden-Württemberg übertragen.

Material und Methoden

In einer Machbarkeitsstudie wurden 19 Biolandwirte in Baden-Württemberg zu einer Einschätzung dieser Systeme und ihrer Bereitschaft, diese einzuführen, befragt. Der Bekanntheitsgrad und die Sicht auf Agroforstwirtschaft sowie der individuell eingeschätzte Nutzen einer Einführung wurden ermittelt. Weitere wichtige Parameter des Fragebogens waren technische (Design und Management) und sozialökonomische Aspekte (Vermarktung und Image).

Ergebnisse und Diskussion

Generell sind die befragten Landwirte überzeugt, dass Agroforstwirtschaft für die ökologische Bewirtschaftung Vorteile bietet. In erster Linie wurden erhöhter Flächenertrag und bessere Vermarktungsmöglichkeiten genannt. Sie waren interessiert, auf Teilen ihrer landwirtschaftlichen Betriebsfläche ein Agroforstsystem zu errichten. Die relativ komplizierte und kostenaufwändige Erstinstallation und die langfristigen Pflegearbeiten ließen sich schwer anhand der bisherigen Erfahrung abschätzen und sind damit das größte Hindernis für eine Umsetzung. Bisher fehlen spezielle Beratungsangebote und die nötigen institutionellen Rahmenbedingungen, auf welche zukünftige Agroforst-Landwirte für eine erfolgreiche Umsetzung angewiesen sind. Die Marktchancen und -strukturen für Agroforstprodukte sollten noch ausgebaut werden.



Weitere Forschung ist notwendig, um Anwendungsszenarien zu entwickeln und in der Praxis zu etablieren, die sowohl die wissenschaftlichen wie auch praktischen Belange integriert

Literatur

Ong, C.K. and P. Huxley 1996: Tree-Crop Interactions. A Physiological Approach. CAB International, Wallingford, UK: pp. 386.

Ergeben sich aus den Ausgleichzahlungen für landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete auch Vorteile für Fauna und Flora? – Ergebnisse einer Fallstudie aus Sachsen-Anhalt

Cornelia Deimer, Wolfgang Heyer* & Olaf Christen*

Einleitung

Unter den angebotenen Maßnahmen der Agrar-Umweltförderung ist die Gewährung von Ausgleichzahlungen für natürlich benachteiligte Gebiete die einzige Maßnahme, die eine ökonomische Stärkung landwirtschaftlicher Betriebe als primäres Ziel hat (Deimer u.a., 2008). Dennoch stehen diese Zahlungen immer wieder zur Disposition, wobei insbesondere die zu erreichenden Effekte in Zweifel gezogen werden. Untersuchungen über Umweltwirkungen der Maßnahme wurden bisher kaum durchgeführt. Wirkungseinschätzungen reduzierten sich meist darauf, dass die induzierten ökonomischen Effekte eine landwirtschaftliche Flächennutzung aufrecht; erhalten. Das Thema geht mit Fallstudien der Frage nach, inwieweit die Zahlungen ökonomische Defizite ausgleichen und sich Flächennutzungen innerhalb der AGZ-Gebiete in ihrer Auswirkung auf belebte und unbelebte Schutzgüter von einer Flächennutzung außerhalb natürlich benachteiligter Gebiete unterscheidet.

Material und Methoden

Basis der ökonomischen Untersuchungen waren Sonderauswertungen der Buchführungsstatistik der Landwirtschaft im Land Sachsen-Anhalt für Betriebe verschiedener Rechts- und Betriebsformen mit AGZ (71) und der Vergleichsgruppen ohne AGZ (80). Die ökologischen Aussagen fußen auf Datenerhebungen in Betrieben (5 AGZ, 7 ohne AGZ) zu regionalen Einsatzmengen von Betriebsmitteln (mineralische und organische Dünger, Anwendung von PSM) in den Fruchtarten und den Ernteerträgen. Auf diesem Weg wurden Einschätzungen der Betriebsstrukturen und der Intensität der Flächennutzung in den Betrieben möglich. Aus einer Vielzahl berechneter Indikatoren ist nachfolgend eine Auswahl dargestellt, welche die Spezifick der betrachteten Gebiete repräsentieren. Aussagen zu den Effekten AGZ – geförderter Betriebe auf Flora und Fauna erfolgten aus einem Vergleich der Regionsbetriebe unter Anwendung des Betriebs- und Umweltmanagementsystems REPRO unter besonderer Betrachtung des Indikators „Biodiversitätspotenzial“.

Ergebnisse und Diskussion

Innerhalb des Spektrums aller Förderangebote für den ländlichen Raums hatte die AGZ nur einen Anteil von ca. 0,4 % der Fördersumme. In Relation zu den finanziellen Aufwendungen spezieller Maßnahmeangebote des Entwicklungsplans für den ländlichen Raum (EPLR), wie z. B. Maßnahmen zur Förderung der Agrarumwelt, ergab sich ein Anteil von 18 %. So erklärt sich auch, dass die standortbedingten Nachteile und die dadurch bedingten deutlich geringeren Umsatzerlöse in den Betrieben nur partiell kompensiert werden konnten. Mitnahmeeffekte der Maßnahme, in Form einer Überkompensation ökonomischer Nachteile, zeigten sich in den Betriebsanalysen nicht. Auf die Frage nach begleitenden Wirkungen der Maßnahme auf die Situation der Agrarumwelt gibt Tab. 1 Auskunft. Die Tabelle belegt deutliche

Unterschiede der Strukturen von Betrieben innerhalb und außerhalb natürlich benachteiligter Gebiete in Sachsen-Anhalt. Die Fruchtartendiversität auf Ackerflächen ist innerhalb der Gebiete erhöht und der Grünlandanteil an der LF differiert erheblich zwischen den Vergleichsregionen. Weitgehend identisch sind die mittleren Schlaggrößen. Betriebe innerhalb der Gebietskulisse zeigen jedoch größere Streuungen zwischen den Feldgrößen. Auch Parameter der Bewirtschaftungsintensität der Betriebe zeigen deutliche Differenzen, insbesondere in der Stickstoffversorgung der Flächen (Gesamt N-Einsatz). Aus der Zusammenfassung aller Befunde kann das „biologische Potenzial“ der Betriebssysteme abgeleitet werden. Aus den ökologischen Fallstudien wird ersichtlich, dass die Betriebssysteme benachteiligter Gebiete mehr Raum für die Beherbergung von Arten und für funktionale Systeminteraktionen zwischen der belebten und unbelebten Umwelt belassen. Schlussfolgernd kann festgestellt werden, dass die Förderung benachteiligter Gebiete in den vergangenen Jahren zu einer Stabilisierung der Landwirtschaftsbetriebe in den betroffenen Regionen beigetragen hat. Sie ist ökonomischer Ausgleich für deutlich extensivere Betriebsstrukturen, die durch die Fördermaßnahme aufrechterhalten werden konnten. Aus diesem Grund realisieren Ausgleichszahlungen mit einem relativ geringen Mitteleinsatz neben den angestrebten ökonomischen Effekten bedeutende Synergien im Umweltbereich. Daher wird eine Beibehaltung der Ausgleichszulage für die Förderung landwirtschaftlicher Betriebe in natürlich benachteiligten Gebieten als sinnvoll angesehen.

Tab. 1: Charakterisierung der Struktur und Intensität von Landwirtschaftsbetrieben innerhalb und außerhalb der AGZ-Gebietskulissen in Sachsen-Anhalt

Indikator	Gebietskulisse AGZ			außerhalb Gebietskulisse		
	MW	Max	Min	MW	Max	Min
Strukturparameter						
Fruchtartendiversität ¹	2,20	2,40	2,01	1,95	2,01	1,84
Grünlandanteil % LF	31,58	44,40	10,80	0,97	1,94	0,00
Mittlere Schlaggröße ha	29,55	42,40	10,90	27,87	32,01	24,80
Variation Schlaggröße %	117,93	210,00	46,20	95,35	111,00	79,65
Intensitätsparameter						
Humusversorgungsgrad %	109,07	143,30	79,69	92,19	102,40	81,00
N-Einsatz kg/ha	158,60	193,30	123,70	240,33	248,80	230,20
N-Saldo kg/ha	52,66	88,14	30,10	75,12	88,90	60,77
PSM Behandlungsindex ²	0,89	0,98	0,82	0,82	0,87	0,55
PSM-freie Fläche %	39,03	48,90	28,50	2,21	5,86	0,38
biologisches Potenzial ³	0,71	0,82	0,61	0,43	0,80	0,18

¹ Shannon-Weaver-Index, ² REPRO – Bewertung, 0 entspricht ohne PSM, 0,7 entspricht der mittleren PSM – Einsatz der Anbauregion, ³ Wert 1 indiziert Betriebe mit hohem Potenzial; d. h. sehr diversifizierter Struktur, sehr unterschiedlichen Störungsprofilen (Bearbeitung, Grünlandnutzung) und extensivem Betriebsmitteleinsatz.

Literatur

- Deimer, C.; W. Heyer und R. Lüdigg 2008: Evaluation des Entwicklungsplanes für den ländlichen Raum für den Interventionsbereich des EAGFL-Garantie im Förderzeitraum 2000 bis 2006 des Landes Sachsen-Anhalt. Ex-Post Bewertung.
- Heyer, W. und O. Christen 2007: Analyse- und Bewertungsansatz für die biologische Vielfalt auf der Ebene des Landwirtschaftsbetriebes. KTBL Schrift 458. 109-138.

Weak points of agrosystems in the Czech Republic

Jan Kren^{*, **} & Sona Valtyniova ^{*}

Introduction

The present paper deals with main problems of the Czech agriculture with a view to sustainability. The main point is that farmers focus on solving economic problems at the expense of agronomic issues. We are now already 19 years after crucial changes of political, economic and social situation in 1989. Some features still persist from the previous period but they have to exist under new conditions of market economy. The attempt of farms to survive under such conditions have led to changes in crop structure and farming practices with extensive effect on soil fertility and whole agricultural system. Arable farming in the Czech Republic (CR) is now far beyond a good status and it will be difficult to eliminate negative impacts of the previous period.

Material and methods

For the assessment of the Czech agriculture as a whole, the statistic data for the period of 1989-2008 published by the Czech Statistical Office and by the Ministry of Agriculture of the CR were analyzed. Complex analyses of many individual agricultural enterprises were carried out in the years 2005-2008 within students' bachelor and diploma theses. Modified methodology proceeding from works of Vereijken (1992) and model Repro (Hülsbergen 2003) were used.

Results and discussion

After 1989, the Czech agriculture faced great changes. In comparison with the previous period, the input level significantly decreased, livestock numbers were reduced, a lot of workers left the agricultural production sector and farmers had to adapt to market conditions. The development under these conditions during the last 19 years has resulted in the status which can be characterized by some weak points:

- About 73 % of agricultural land is still managed by farms larger than 500 ha (Czech Statistical Office). It could be considered as an advantage but the undesirable consequences of it are some fields with large acreage and landscape structure endangered by erosion.
- Most land is rented and not managed by its owner. It can lead to lower responsibility for sustaining soil fertility and there is uncertainty about rent contracts.
- The livestock population decreased by one half from 1989 and also compared to EU states. Cattle density reported for 2007 was 0.33 LU.ha⁻¹ (Czech Statistical Office). It has resulted in changed crop structure and lack of quality farmyard manure. Fodder crops (as good preceding crops) are grown on less than 16 % of arable land (Czech Statistical Office). The only crops with increasing area after 1990 are rapeseed and poppy. All the other crops show more or less significant decrease in sowing areas with lower or higher fluctuation. The proportion of cereals is relatively stable at about 55 % of arable area (Czech Statistical Office).
- Current use of mineral fertilizers in the CR is about 40 % lower than that in EU-15 countries (Hlusek et al., 2007). The lower level of fertilizers use resulted in decreasing content of available nutrients in soil. However, most soils are still well supplied with basic nutrients (N, P, K) (Ministry of Agriculture of the CR, 2006).

* Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Zemedelska 1, Brno, Czech Republic

**Agrotest Fyto, Ltd., Havlickova 2787/121, Kromeriz, Czech Republic

Pesticides use decreased by one half after 1989. Since 1993, when it was the lowest, it is going up very slightly. Current use of pesticides is about one half of that in EU-15 countries (EEA, 2007).

- In the agricultural production 2.6 % of population currently work, which is a decrease by 73 % compared to 1989. Many academically educated people left the work on farms, which has led to high demand for advisory services.
- Market environment leads farmers to omit regular crop rotations because the price of production and demand for commodities change every year and farmers want to make the best profit.

The above mentioned factors contribute to the instability of agrosystems. We can observe decrease (after 1990) and fluctuation (from 1999) in field crop yields. To improve this situation, it is necessary to support farmers to apply systemic approach and to think in broader context. The Czech software for integrated field management already exists but its development currently stagnates and database upgrades are problematic. The attention has shifted to more economically targeted or just record keeping tools. Such products include no assessment module. The methodologies from abroad are not fully compatible with the Czech conditions and a qualified worker is needed to use them. Another point is that in most cases farmers need financial motivation (subsidy or income increase) to change their practices. Some subsidy schemes, however well-intentioned, provide space for farmers' behaviour which is in conflict with sustainable practices.

Acknowledgement

The study was supported by Research plan MSM6245648905, financed by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic and project No. QH92242, financed by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic.

References

- Czech Statistical Office: Online available data on <http://czso.cz/>
- EEA 2007: Europe's environment. The fourth assessment. European Environment Agency. Copenhagen. ISBN 978-92-9167-932-4
- Hlusek J.; J. Klir and J. Balik 2007: The current situation in plant nutrition and fertilization in the CR. In Plant nutrition and its prospects. September 5-6 2007. Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno. ISBN 978-80-7375-068-8.
- Hülsbergen, K.J. 2003: Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwissenschaft. Aachen: Shaker Verlag, 292 pp.
- Ministry of Agriculture of the CR 2006: The state and prospective report The Soil (in Czech). ISBN 80-7084-566-X.
- Vereijken, P. 1992: A methodic way to more sustainable farming systems. Netherlands Journal of Agricultural Science 40:209-223.

Nutzung Geographischer Informationssysteme (GIS) in der pflanzenbaulichen Online-Beratung

Manfred Röhrig & Michael Endler

Einleitung

ISIP, das Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion, ist das deutschlandweite Beratungsportal der Landwirtschaftskammern und Bundesländer.

Seit 2001 bietet ISIP der landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Praxis Grundlageninformationen, regionale Nachrichten und schlagspezifische Entscheidungshilfen. Letztere zeichnen sich in vielen Fällen durch sowohl regional als auch individuell nutzbare Prognosemodelle aus. Diese Modelle sind überwiegend wetterbasiert und beziehen die notwendigen Daten aus einem umfangreichen Messnetz von bundesweit rund 560 Wetterstationen.

Problemstellung

Die Darstellung räumlicher Informationen in ISIP erfolgt über statische Karten, auf denen an der entsprechenden geografischen Position der Wetterstation ein Symbol erscheint, dessen Farbe das Modellergebnis repräsentiert. Diese Art der Darstellung stößt mehr und mehr an seine Grenzen: Bei vielen darzustellenden Objekten wird es leicht unübersichtlich, die Funktionalität und Ausbaufähigkeit ist begrenzt und eine Konformität zu Geostandards ist nicht vorhanden. Darüber hinaus fehlt in den Karten der räumliche Bezug (Georeferenz).

Trotz des dichten agrarmeteorologischen Messnetzes gibt es Regionen, in denen der Abstand zwischen den Stationen bis zu 60 km beträgt. Hier sind die Modellergebnisse dann nicht mehr unbedingt repräsentativ für die Region. Aufgrund dieser Problematik wurde bei der Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP) erfolgreich ein wissenschaftliches Verfahren entwickelt, in dem Wetterdaten in einem 1 km²-Raster interpoliert werden.

Geodaten werden in Zukunft in immer höherem Maße digital zur Verfügung stehen. Sowohl Geobasis- als auch Geofachdaten sind in den meisten Fällen in Infrastrukturen eingebunden, die sich an der GDI-DE orientieren. Eine Anbindung über OGC-konforme Schnittstellen ist daher möglich. Zurzeit sind aber diese Daten zur Entscheidungsunterstützung in ISIP nicht nutzbar, da es im System an entsprechenden Komponenten fehlt.

Lösungsansatz

Zur Bearbeitung der genannten Problemstellung wurde eine Konzeption erarbeitet (Abb. 1), die derzeit in einem Projekt im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) umgesetzt wird. Kern ist die Integration von Geografischen Informationssystemen (GIS) in ISIP.

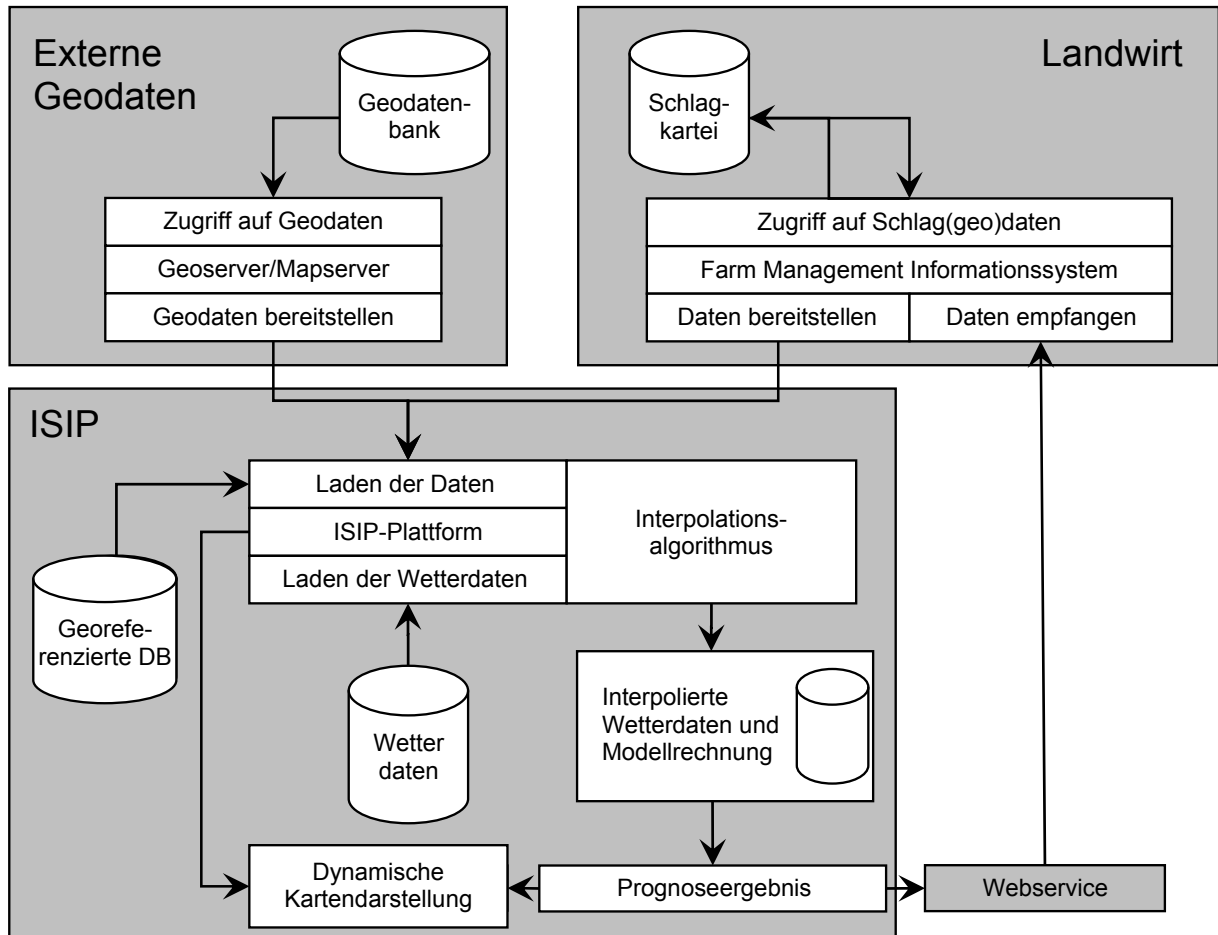


Abb. 1: Datenfluss innerhalb von ISIP-GIS

Das Projekt verfolgt drei Ziele:

- *Georeferenzierung:* Neben der Überarbeitung der ISIP-Datenbank werden kostengünstige OpenSource WebGIS-Komponenten zur Visualisierung verwendet. Daneben ist vorgesehen, die Eingabe elektronisch vorliegender Nutzerdaten über standardisierte Schnittstellen zu vereinfachen und einen Rückfluss von Prognoseergebnissen über einen Web-Service zu ermöglichen.
- *Risikokarten:* Dabei werden die Routinen zur Wetterdateninterpolation in das System integriert, um damit sowohl flächendeckende Schaderregerprognosen berechnen als auch bei der Individualprognose schlaggenaue Wetterdaten bereitstellen zu können.
- *Externe Geodaten:* Durch die Verwendung OGC-konformer Komponenten können digital vorliegende Geodaten zur Darstellung und als Input in Entscheidungshilfen genutzt werden.

Durch die Verwendung von GIS wird erwartet, dass Entscheidungshilfen weiter verbessert und deren Nutzung durch die Praxis erhöht werden kann. Die zusätzlichen Möglichkeiten versprechen eine neue Qualität in der Online-Beratung.

Verweise

GDI-DE (Geodateninfrastruktur Deutschland, http://www.gdi-de.org/de_neu/start.html)
 OGC (Open Geospatial Consortium, <http://www.opengeospatial.org>)

Auswirkungen von verschiedenen Mykotoxinen auf das Wachstums- und Abbauverhalten von Weißfäulepilzen

Maya Krutzke, Andrea Abele, Wilfried Hermann*, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

Einleitung

Weißfäulepilze bauen eine Vielzahl an organischen Substanzen insbesondere Strukturkohlenhydrate ab, die von vielen anderen Organismen nicht abgebaut werden können. Diese Fähigkeit der Pilze sollte dazu genutzt werden, um Erntereste auf dem Feld insbesondere in der Fruchtfolgekonstellation Weizen nach Mais, in Verbindung mit nichtwendender Bodenbearbeitung zu beschleunigen. Ziel ist, pathogenen Fusariumpilzen, die hauptsächlich auf Maisernterückständen überwintern, die Lebensgrundlage zu entziehen und damit einen entscheidenden Beitrag zur Reduktion von Fusariuminfektionen in Weizen zu leisten.

Material und Methoden

Um die saprophytische Wettbewerbsfähigkeit der Weißfäulepilze gegenüber *Fusarium spp.* besser einschätzen zu können, wurde unter kontrollierten Bedingungen untersucht, ob sich das Vorhandensein der von Fusarium gebildeten sekundären Stoffwechselprodukte, den so genannten Mykotoxinen, negativ auf die Wachstumsgeschwindigkeit sowie das Abbauverhalten von Weißfäulepilzen auswirkt. In der Studie wurde der Einfluss auf die Weißfäulepilze *Cyathus striatus 1* und *Phanerochaete chrysosporium* durch die im Mais am häufigsten vorkommenden Mykotoxine Deoxynivalenol, Zearalenon, Nivalenol, T2 – Toxin und Fumonisin B₁ untersucht.

In einem Vorversuch wurde zunächst das Wachstum der Weißfäulepilze auf mykotoxinbelasteten Malzpeptonagar beobachtet. Die verwendeten Toxinkonzentrationen (Tab. 1) orientierten sich an den in der Literatur beschriebenen durchschnittlichen Mykotoxinbelastungen in Mais bzw. Weizen der letzten Jahre.

Tab. 5: Verwendete Mykotoxine

Mykotoxin	Konzentration (µg/l)	Hersteller
Deoxynivalenol	1000	AppliChem
Nivalenol	250	Promochem
Fumonisin B1	500	AppliChem
T2 Toxin	150	AppliChem
Zearalenon	150	AppliChem

Die Mykotoxine, mit Ausnahme von Zearalenon (Lösungsmittel Alkohol), wurden in Wasser in Lösung gebracht, sterilfiltriert und jeweils 1 ml auf Platten mit Malzpeptonagar verteilt. Als Weißfäulepilzvarianten wurden *Phanerochaete chrysosporium* und *Cyathus striatus 1* gewählt, aus deren Vorkultur jeweils ein mit Weißfäulepilzmycel bewachsenes Agarstückchen aus dem Randbereich der Pilzkultur in der Mitte der Platte platziert wurde. Je Variante wurden 3 Wiederholungen angelegt. Zusätzlich wurde Alkohol als weitere Variante

Institut für Pflanzenbau und Grünlandlehre (340), Universität Hohenheim, D – 70593 Stuttgart

* Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Ihinger Hof, D – 71272 Renningen

hinzugenommen, um eine Beeinflussung in der Variante mit Zearalenon zu prüfen. Die Platten wurden in regelmäßigen Abständen fotografiert, bis die Platten vollständig bewachsen waren, und mit Hilfe der digitalen Bildbearbeitung von „Adobe Photoshop“ VS. 7.0 ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Cyathus striatus 1 (Abb. 1.1) wuchs auf Malzpeptonagar deutlich langsamer als *Phanerochaete chrysosporium* (Abb. 1.2) und brauchte daher einen bis zwei weitere Beobachtungszeitpunkte, bis die Platten vollständig bewachsen waren. Allerdings zeigte sich bei beiden Pilzvarianten durch die Behandlung mit den geprüften Mykotoxinen keine negative Auswirkung auf das Wachstum des Pilzmycels.

Vor allem in der Initialphase trat bei keiner Mykotoxinbehandlung eine signifikant negative Beeinflussung des Pilzwachstums auf, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die geprüften Weißfäulepilze in ihrem Wachstum nicht durch eventuell auftretende Fusariumtoxine beeinträchtigt werden. Um eine abschließende Aussage über die Wirkung der Mykotoxine auf die Abbauraten der geprüften Weißfäulepilze treffen zu können, müssen gezielte Abbauersuche durchgeführt werden.

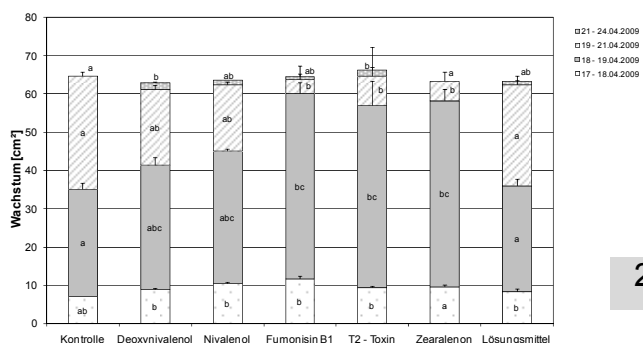
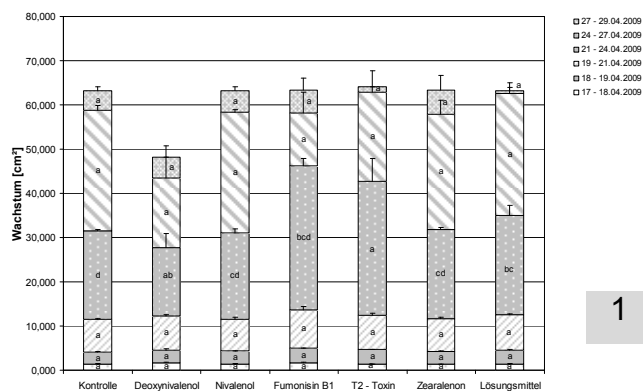


Abb. 1: Wachstum von *Cyathus striatus* 1 (1) und *Phanerochaete chrysosporium* (2) auf Malzpeptonagar nach Behandlung mit verschiedenen Mykotoxinen.

Auswirkungen der Ausbringung von Weißfäulepilzen unter Freilandbedingungen auf vorhandene Bodenlebewesen und Bodenmikroorganismen

Verena Saele, Andrea Abele, Wilfried Hermann*, Simone Graeff & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Die Verunreinigung von Weizenkorngut mit Mykotoxinen, vor allem mit Deoxynivalenol (DON) steht in Verbindung mit den Vorfrüchten Mais und Weizen in Interaktion mit nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren, da Fusariumpilze auf Ernteresten und Stoppeln überwintern. Aktuelle Studien haben gezeigt, dass verschiedene Weißfäulepilze in der Lage sind, den Abbau von Maisernterückständen zu beschleunigen. Da die Ausbringung der Pilze ein Eingriff in die bereits etablierte Bodenorganismenpopulation sein könnte, wurde untersucht, ob und welche Auswirkungen das Ausbringen von Weißfäulepilzen auf landwirtschaftliche Flächen auf die dort bereits vorhandenen Bodenmikroorganismen hat.

Material und Methoden

In einem 2007, in der Fruchtfolge Mais – Weizen, angelegten Feldversuch wurden im Weizenbestand von April bis Ende Oktober 2008 an vier Terminen (Ährenschieben, Ende Vegetationsperiode, Ernte, Ende Oktober) Bodenproben in 10 – 30 cm Tiefe entnommen. Untersucht werden sollten in den 18 ausgewählten Parzellen zwei verschiedene Weißfäulepilzarten (*Cyathus striatus* 1, *Phanerochaete chrysosporium*) sowie zwei Bodenbearbeitungssysteme (Direktsaat, Mulchsaat). Die Parzellen wurden im Herbst mit je 300 g inokulierten Roggenkörnern beimpft. Analysiert wurden die Parameter mikrobiologische Biomasse, Pilzbiomasse (Ergosterin Gehalt), PLFA (Phosphorlipidfettsäure-Analyse) und Enzymaktivität.

Ergebnisse und Diskussion

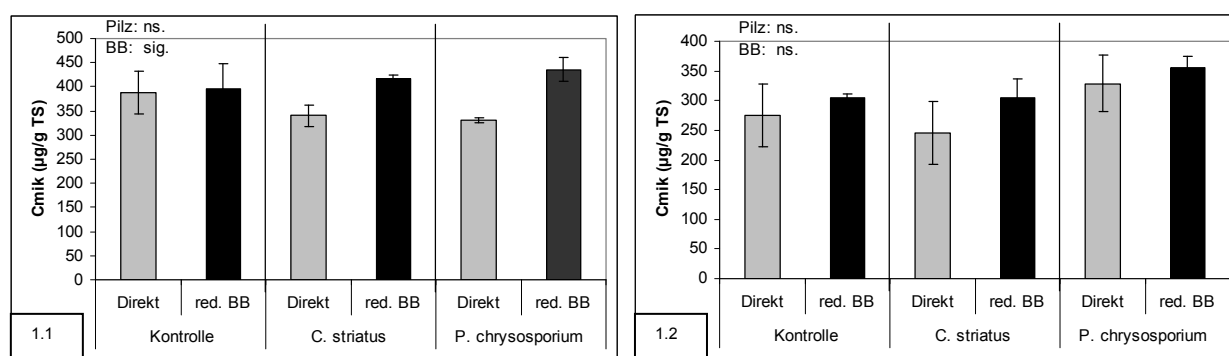


Abb. 1: Mikrobieller Kohlenstoff im Boden bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung nach Herbstinokulation mit Weißfäulepilzen am 1. Probennahmetermin (a) und 4. Probennahmetermin (b); (BB =Bodenbearbeitung)

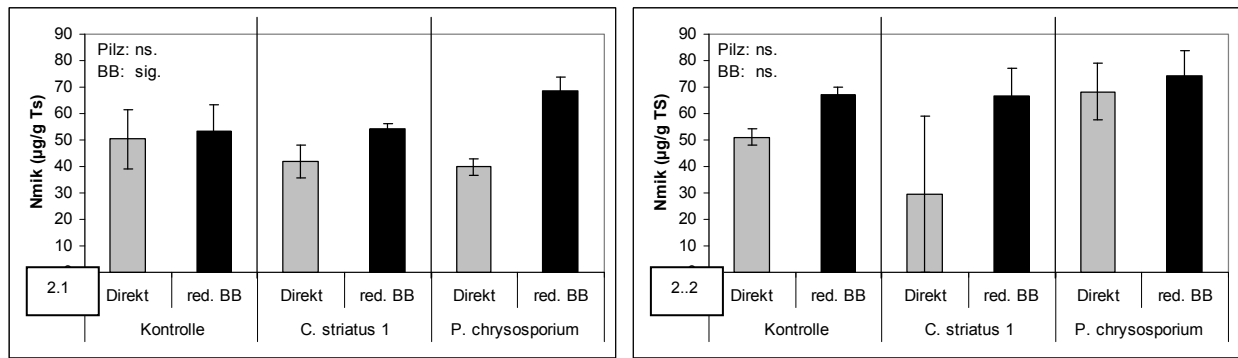


Abb. 2: Mikrobieller Stickstoff im Boden bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung nach Herbstinokulation mit Weißfäulepilzen am 1. Probennahmetermin (a) und 4. Probennahmetermin (b); (BB =Bodenbearbeitung)

Die Inokulation mit Weißfäulepilzen hatte keinen Einfluss auf die mikrobielle Biomasse in den untersuchten Parzellen. Dagegen war die mikrobielle Biomasse in der reduzierten Bodenbearbeitung am ersten Probennahmetermin Mitte April bei beiden Messparametern Kohlenstoff (Abb. 1a) und Stickstoff (Abb. 2a) signifikant höher als in der Direktsaat. Beim vierten Probennahmetermin Ende Oktober (1b und 2b) konnte dieser Effekt nicht mehr beobachtet werden, vermutlich da durch die Stoppelbearbeitung nach der Ernte die oberen Bodenschichten vermischt wurden.

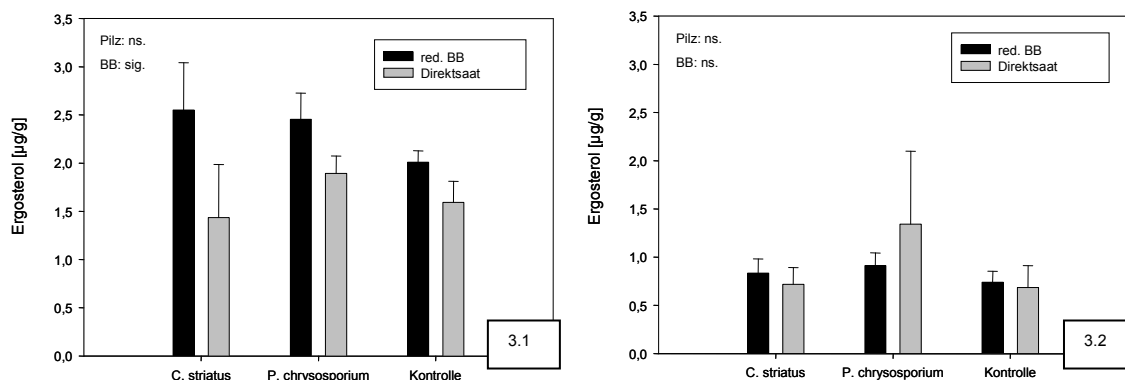


Abb. 3: Ergosterolgehalt im Boden bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung nach Herbstinokulation mit Weißfäulepilzen am 1. Probennahmetermin (a) und 4. Probennahmetermin (b); (BB =Bodenbearbeitung)

Der Ergosterolgehalt (Abb. 3) im Boden änderte sich ebenfalls nicht signifikant durch die Inokulation mit Weißfäulepilzen. Auch lassen die Ergebnisse der Enzymaktivitäten keine Auffälligkeiten erkennen. Dies lässt vermuten, dass die Inokulation von Weißfäulepilzen keine Auswirkungen auf die bereits vorhandenen Bodenlebewesen hat.

Auswirkungen verschiedener Inokulummengen auf den Abbau von Maisernterückständen durch verschiedene Weißfäulepilze

Lisa Schwemmlin, Andrea Abele, Wilfried Hermann*, Simone Graeff
& Wilhelm Claupein

Einleitung

Die Verunreinigung von Weizenkorngut mit Mykotoxinen, vor allem mit Deoxynivalenol (DON), steht in Verbindung mit den Vorfrüchten Mais und Weizen in Interaktion mit nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren. In der Praxis findet sich die Fruchtfolgekonstellation „Weizen nach Mais“ auch vor dem Hintergrund der steigenden Energiemaisanbauflächen deutlich häufiger als die Fruchtfolgekonstellation „Weizen nach Weizen“ und stellt ein nicht unerhebliches Potenzial für die Fusariuminfektion in Weizen dar. Aktuelle Studien haben gezeigt, dass verschiedene Weißfäulepilze jedoch in der Lage sind, den Abbau von Maisernterückständen zu beschleunigen und damit die Fusariuminfektion in der Folgekultur zu minimieren. Ziel der Studie war nun, in einem Abbaueversuch unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen, welche Inokulummenge notwendig ist, um Maisstroh effektiv und dennoch ökonomisch vertretbar abzubauen.

Material und Methoden

In einem Gefäßversuch über zwölf Wochen wurden die Weißfäulepilzarten *Cyathus striatus 1* und *Phanerochaete chrysosporium* in fünf Konzentrationsstufen auf ihre Abbaufähigkeit von Maisstroh untersucht. Zur Herstellung des Inokulums wurden die Pilze auf Malzpeptonagar vorkultiviert. Nachdem die Platte vollständig bewachsen war, wurden sie in 0.5 cm² große, mit Pilzmycel bewachsene Agarstückchen geschnitten. In den Konzentrationsstufen 3, 6, 12, 24 und 48 Stückchen wurde Maisstroh in Weithalsgläsern in jeweils 3-facher Wiederholung beimpft. Hierzu wurden in jeweils 20 g Maisstroh und 75 ml H₂O dest. in 850 ml Weithalsgläsern mit der entsprechenden Anzahl Agarstückchen gegeben. Das Maisstroh wurde zuvor durch zweimaliges Autoklavieren (121°; 20 min) im Abstand von 24 h sterilisiert. Erntetermine waren nach 6 und nach 12 Wochen. Für die Quantifizierung des Abbauefolgs wurde der Trockensubstanzabbau (%) sowie die Veränderung des C/N-Verhältnisses bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Trockensubstanz (%) (Abb. 1) wurde nach einer Inkubationszeit von 6 Wochen von beiden Weißfäulepilzen in allen Inokulationsstufen signifikant zur Kontrolle abgebaut. Zwischen den Weißfäulepilzen gab es jedoch deutliche Unterschiede im Abbauverhalten bei Einsatz verschiedener Inokulummengen. Bei *Cyathus striatus 1* (1.1) steigerte sich die Abbauleistung mit steigender Inokulummenge signifikant von 8,7 % bei 3 Agarstückchen zu 14,4 % bei Inokulation von 48 Agarstückchen. Die Abbauleistung von *Phanerochaete chrysosporium* (1.2) erhöhte sich dagegen mit Abbauwerten zwischen 11,7 % und 12,1 % nicht.

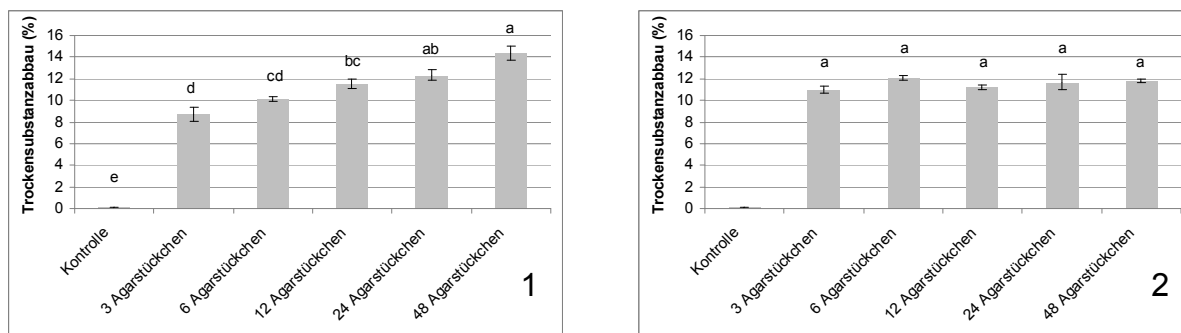


Abb. 4: Abbau der Trockensubstanz (%) durch die Weißfäulepilze *Cyathus striatus 1* (1) und *Phanerochaete chrysosporium* (2) bei unterschiedlichen Inokulationsmengen nach einer Inkubationszeit von 6 Wochen.

Die Abbildung 2 zeigt die Veränderung des C/N-Verhältnisses in Maisstroh nach einer Inkubationszeit von sechs Wochen mit den beiden Weißfäulepilzen. Das C/N-Verhältnis gibt Aufschluss u. a. über die Umsatzrate der Pilze. Da der beim Abbau des Maisstrohs verstoffwechselte Kohlenstoff zu einem großen Teil als CO₂ in die Atmosphäre abgeht und der Stickstoff zum größten Teil in den Pilz eingelagert wird, reduziert sich das C/N-Verhältnis mit steigender Abbauproduktivität der Pilze, d. h. je größer die Differenz zum Anfangswert ist, desto höher ist der Umsatz und damit die Abbaueffizienz des Pilzes.

Wie die Abbildung 2.1 zeigt, konnte *Cyathus striatus 1* mit steigender Inokulummenge eine signifikante Verringerung des C/N-Verhältnisses im Maisstroh im Vergleich zur Kontrolle erreichen. Auch das C/N-Verhältnis bei Inokulation mit *Phanerochaete chrysosporium* (2.2) wurde signifikant zur Kontrolle verringert, allerdings erst bei einer Inokulationsmenge von 48 Agarstückchen, im Gegensatz zu *Cyathus striatus 1*, der eine signifikante Verringerung des C/N-Verhältnisses mit 6 Agarstückchen erreichen konnte.

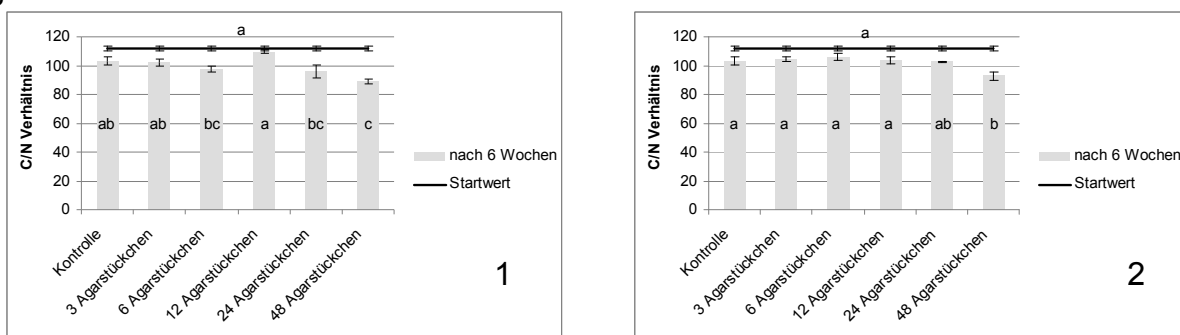


Abb. 5: Veränderung des C/N Verhältnisses in Maisstroh nach Inokulation mit den Weißfäulepilzen *Cyathus striatus 1* (1) und *Phanerochaete chrysosporium* (2) bei unterschiedlichen Inokulationsmengen nach einer Inkubationszeit von 6 Wochen.

Durch die Erhöhung der Inokulummenge konnte nach sechs Wochen vor allem das Abbauverhalten von *Cyathus striatus 1* positiv beeinflusst werden. Welcher der beiden Pilze als geeigneter Abbaupartner vorzuziehen ist, kann jedoch erst nach dem zweiten Erntetermin endgültig entschieden werden.

Einfluss der Kornreifung ökologisch angebauter Getreidearten und Sorten auf freies Asparagin und die Acrylamidbildung

Falko Stockmann, Yiyi Lee, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

Einleitung

Laut BfR (Bundesamt für Risikobewertung) ist Acrylamid (AA) immer noch eine der gefährlichsten in Lebensmitteln auftretenden Substanzen. Gebildet aus freiem Asparagin (Asn) und reduzierenden Zuckern sind vorwiegend hoch erhitzte Produkte wie Kartoffelchips oder Gebäck betroffen (Svensson et al., 2003). Durch die wahrscheinlich kanzerogene Wirkung war und ist eine Limitierung der AA-Gehalte in Lebensmitteln von großer Bedeutung. Unter Berücksichtigung der von 2002 erforschten Hintergründe der AA-Bildung (Mottram et al., 2002, Tareke et al., 2002) konnten schnell erste wichtige Zusammenhänge zur Synthese und Toxizität erkannt werden. Dies zeigte sich in ersten Erfolgen einer Minimierung. Doch infolge noch unerforschter Zusammenhänge ist eine konsequente Minimierung von AA nicht möglich, was in den schwankenden AA-Gehalten der Signalwerte des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit zu sehen ist. Auch deuten hohe AA-Gehalte in konservierten schwarzen Oliven und Trockenfrüchten auf alternative Bildungswege hin (Amrein et al., 2007). Somit ist zwar eine Reduzierung von AA durch technologische und pflanzenbauliche Maßnahmen zielführend, doch bleibt noch immer Forschungsbedarf bez. der Limitierung der Vorstufengehalte und damit final von AA. Hierbei weist vor allem der Precursor freies Asn noch Wissenslücken auf. Ziel der Studie war zu klären, inwieweit die physiologische Reife des Korns und hierbei insbesondere die N-Konzentration im Korn, bei ökologisch angebautem Getreide Auswirkungen auf freies Asn und die AA-Bildung hat.

Material und Methoden

Aus einem Arten- und Sortenversuch der Univ. Hohenheim wurden bei vier Weizensorten (Bussard, Capo, Naturastar, Ludwig), drei Dinkelsorten (Schwabenspelz, Ceralio, Oberkulmer Rotkorn), zwei Roggensorten (Danko, Pollino) und der Einkornsorte Terzino, ab dem Stadium der Milchreife (Mitte Juni), wöchentlich Probeschnitte vorgenommen. Der Versuch war angelegt als randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen auf der Versuchsstation für ökologischen Landbau Kleinhohenheim (435 m über N.N., Ø mittlere jährl. Niederschlag 700 mm, Ø mittlere Jahrestemperatur 8,8 °C). Nach Vorfrucht Ackerbohne erfolgte die Stickstoffdüngung über Rindergülle mit je 50 kg N ha⁻¹ (Summe: 100 kg N ha⁻¹) zu Vegetationsbeginn (01.04.2008) und EC 30/31. Nach der Probennahme wurden Daten für Kornertrag, Kornfeuchte, Qualitätsparameter und freies Asn erhoben. Abschließend folgte eine AA-Bestimmung nach Erhitzung der gemahlten Kornproben. Hierzu wurden die erhitzten Proben nach Aufarbeitung (amtl. Verfahren des Chemischen und Veterinäruntersuchungsamtes Stuttgart) per LC-MS-MS gemessen. Die Analyse des freien Asn fand nach Extraktion des Mehles über HPLC-Fluoreszenzdetektion statt.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 verdeutlicht die zeitliche Entwicklung des freien Asn-Gehalts über die Wochen 4–6 ab dem Zeitpunkt der Milchreife bei den Wintergetreidearten und Sorten. Bei

Weizen konnte kein signifikanter Einfluss der Abreife des Kornes festgestellt werden. Interessant ist dennoch, dass bei den Sorten Bussard und Capo mit Entwicklung des Kornes der Asn-Gehalt zwar nur marginal, aber sichtbar abnahm. Die Dinkelsorte Schwabenspelz zeigte ebenfalls wie Naturastar konstant bleibende Gehalte. Die Sorte Ceralio hingegen wies einen Sprung vom 5. zum 6. Termin hin auf, der aber nicht signifikant war. Einzig die Sorte Oberkulmer Rotkorn zeigte in der 6. Woche zu den Wochen 4 und 5 signifikant höhere Werte. Ähnlich zu Ceralio wurde bei der Einkornsorte Terzino ein deutlicher Sprung von der 4. zur 5. Woche beobachtet, was aufgrund der hohen Varianz der Wiederholungen aber nicht statistisch gefestigt werden konnte. Bei den beiden Roggensorten Danko und Pollino konnte jeweils ein signifikanter Anstieg im Asn-Gehalt von Woche 4 zu 5/6 bei Danko und von Woche 4–6 bei Pollino festgestellt werden, was darauf hindeutet, dass die Pflanze das gebildete freie Asn vermindert in die Proteinsynthese einbindet. Eine negative Korrelation von Stickstoff im Korn zu freiem Asn ($R^2=0,42^{n.s.}$), bei der Weizensorte Bussard, scheint dies anzudeuten. Nicht dargestellt ist die Beziehung zwischen freiem Asn zu AA. Hier zeigte sich über die Proben der 4., 5. und 6. Woche ein höchst signifikanter Zusammenhang ($R^2=0,70^{***}$). Zusammenfassend wurde festgestellt, dass sich das freie Asn scheinbar abhängig von der Getreideart unterschiedlich in der Abreife des Kornes verhält. So blieb es teilweise stabil, sank sogar zum Druschtermin hin ab und stieg aber auch deutlich an.

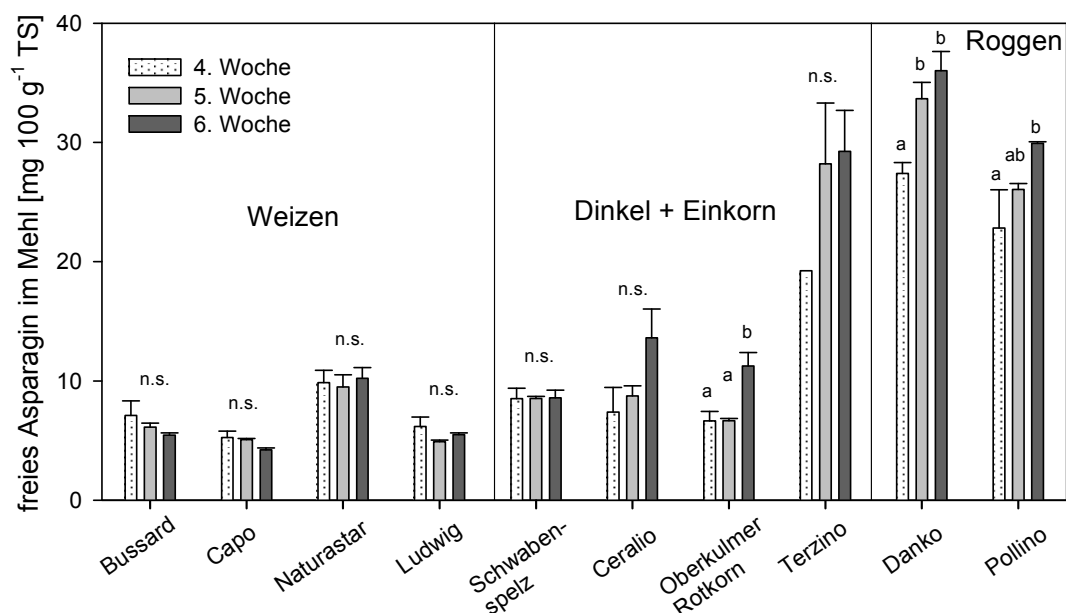


Abb. 1: Gehalt an freiem Asparagin ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ TS}$) 4., 5. und 6. Woche nach Milchreife (Korn) bei Weizen-, Dinkel-, Einkorn- und Roggensorten. Gleiche Buchstaben innerhalb einer Sorte unterscheiden sich nicht signifikant ($\alpha \leq 0,05$, Tukey Test).

Literatur

- Amrein, T.M.; L. Andres; F. Escher und R. Amado 2007: Occurrence of acrylamide in selected foods and mitigation options. *Food Additives & Contaminants*, 24:1, 13-25.
- Mottram, D.S.; B.L. Wedzicha und A.T. Dodson 2002: Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419, 448–449.
- Svensson, K.; L. Abramsson; W. Becker; A. Glynn; K.E. Hellenas; Y. Lind und J. Rosen 2003: Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food Chem. Toxicol.* 41, 1581-1586.
- Tareke, E.; P. Rydberg; P. Karlsson; S. Eriksson und M. Tornqvist, M., 2002. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.* 50, 4998-5006.

Einfluss des Wassergehalts im Korn auf Acrylamidvorstufen bei konventionell angebautem Wintergetreide

Falko Stockmann, Jan Ritter, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

Einleitung

Bei der thermischen Verarbeitung von kohlenhydratreichen Lebensmitteln kann es zur Bildung von Acrylamid (AA) kommen. Als wahrscheinlich kanzerogen eingestuft, wird es innerhalb der Maillardreaktion aus den Vorstufen freies Asparagin (Asn) und reduzierende Zucker (z. B. Glucose) gebildet (Mottram et al., 2002). Insbesondere Produkte aus Kartoffeln (z. B. Chips) und Getreide (z. B. Gebäck) zählen zu den am meist belasteten Lebensmitteln. Bisher versuchte man, durch Eingriffe in den technologischen Herstellungsprozess der Produkte die AA-Gehalte zu senken, was jedoch begrenzte Effekte bringt. Begleitend dazu wurde versucht, Einfluss auf die Vorstufen von AA im Rohstoff zu nehmen. Es stellte sich heraus, dass pflanzenbauliche Maßnahmen bestehen, die Precursoren zu beeinflussen. So unterscheiden sich Getreidearten und Sorten in der Höhe des freien Asn, der Hauptvorstufe von AA bei Getreide. Ferner zeigte die Düngung, vor allem Stickstoff und Schwefel, Auswirkungen auf den Gehalt an freiem Asn (Halford et al., 2007, Weber et al., 2008). Da aber immer noch Wissenslücken bezüglich der Reduzierung von freiem Asn in der Produktion des Rohstoffes vorhanden sind, ist es wichtig, weitere Untersuchungen durchzuführen. Ein Ansatz ist die Annahme, dass aufgrund von Unterschieden in der physiologischen Abreife des Kornes und dadurch bedingte Differenzen im Wassergehalt sich die Höhe des freien Asn ändert. Es ist zu vermuten, dass der Kornreifungsprozess Auswirkungen auf AA-Vorstufen und die Rohproteinsynthese hat. Ziel der Studie war zu klären, inwieweit die physiologische Reifung des Getreidekorns bei konventionell produziertem Getreide, speziell die Kornfeuchte, den freien Asn-Gehalt beeinflusst.

Material und Methoden

Als Material dienten vier Winterweizensorten (E-Weizen: Bussard, Enorm, A-Weizen: Tommi, Ludwig) und jeweils zwei Sorten Winterdinkel (Frankenkorn, Schwabekorn) und Winterroggen (Danko, Recrut) eines konventionellen Arten- und Sortenversuches der Uni. Hohenheim. Der Versuch war als randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen auf der konventionell wirtschaftenden Versuchsstation Ihinger Hof (460-520 m über NN, 7,9 °C Jahresmittel; Ø Temp. April – Sept. 13,1 °C, 690 mm Niederschlag Jahresmittel; Ø Niederschlag von April – Sept. 423 mm) angelegt. Nach Vorfrucht Zuckerrübe erfolgte eine gestaffelte Stickstoffdüngung über Kalkammonsalpeter zu den Wachstumsstadien EC 31/32; 37/39; 49/51 und 59/61, wobei nur der E-Weizen die Spätdüngung erhielt. In Summe wurden bei E-Weizen 190 kg N ha⁻¹, bei A-Weizen 195 kg N ha⁻¹, bei Dinkel 140 kg N ha⁻¹ und bei Roggen 150 kg N ha⁻¹ gedüngt. Ab dem Stadium der Milchreife fanden wöchentlich, bis zum Drusch, die Probennahmen der Ähren in allen Behandlungen statt. Anschließend erfolgte die Analyse auf Kornertrag, Kornfeuchte, Qualitätsparameter und freies Asn. Zuletzt wurde die AA-Bestimmung, nach Erhitzung der gemahlten Kornproben an ausgewählten Proben, durchgeführt. Hierzu wurden die erhitzten Proben nach Aufarbeitung (amtl. Verfahren des Chemischen und Veterinäruntersuchungsamtes Stuttgart) per LC-MS-MS gemessen. Die Analyse des freien Asn fand nach Extraktion des Mehles, Zentrifugation und Filtration mittels HPLC-Fluoreszenzdetektion statt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Verlauf der Asn-Gehalte über die 4.–6. Woche ab dem Zeitpunkt der Milchreife ist in Abb. 1, getrennt nach Getreideart, dargestellt. Innerhalb jeder Getreideart erhöhte sich mit Abreife des Kornes der Asn-Level. Bei Weizen war dies bei Enorm und Tommi deutlich zu sehen. Einzig Bussard schwankte in seinen Werten. Gerade die Steigerung bei der Sorte Tommi, um fast das Doppelte innerhalb einer Woche, zeigte den Einfluss der Kornreifung und der damit einhergehenden Reduzierung der Kornfeuchte auf den Asn-Gehalt. Auch bei Dinkel und Roggen waren signifikante Steigerungen deutlich gegeben. Es bleibt zu vermuten, dass sich 1-2 Wochen vor Drusch innerhalb des Kornes weniger freies Asn befindet oder dass das vorhandene Asparagin vermehrt der Proteinsynthese zugeführt wird. Es ist auch denkbar, dass die Pflanze zum Erntetermin hin das vorhandene freie Asn weniger der Proteinsynthese zuführt und es sich somit im Korn akkumuliert. Bei gemessenen Kornfeuchten von \varnothing 25 - 26 % ca. ein bis zwei Wochen vor Drusch und 15-16 % zum Drusch ist zu bedenken, ob die geringeren Gehalte an freiem Asn und somit eine geringere AA-Belastung in den Lebensmitteln die höheren Trocknungskosten rechtfertigen. Da sich der Rohproteingehalt 1-2 Wochen vor Drusch nicht signifikant änderte (nicht dargestellt), ist zumindest nicht mit Qualitätseinbußen zu rechnen.

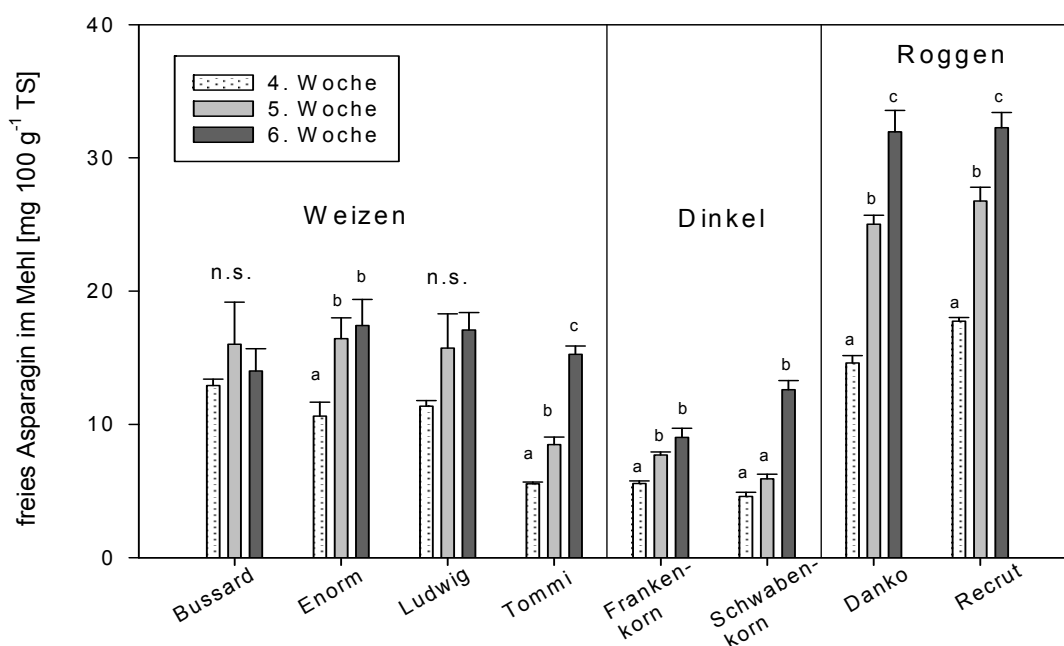


Abb. 1: Gehalt an freiem Asparagin (mg 100 g⁻¹ TS) 4., 5. und 6. Woche nach Milchreife (Korn) bei Weizen-, Dinkel-, und Roggensorten. Gleiche Buchstaben innerhalb einer Sorte unterscheiden sich nicht signifikant ($\alpha \leq 0,05$, Tukey Test).

Literatur

- Halford, N.G.; N. Muttucumaru; T.Y. Curtis und M.A. Parry. 2007: Genetic and agronomic approaches to decreasing acrylamide precursors in crop plants. *Food Add. & Contam.* 24:1, 26–36.
- Mottram, D.S.; B.L. Wedzicha und A.T. Dodson 2002: Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419, 448–449.
- Weber, E.A.; S. Graeff; W.-D. Koller; W. Hermann; N. Merkt und W. Claupein 2008: Impact of nitrogen amount and timing on the potential of acrylamide formation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research* 106, 44–52.

Klimafolgenforschung in der Pflanzenproduktion

Peter Juroszek, Magdalena Siebold und Andreas von Tiedemann

Einleitung

Es besteht erheblicher Forschungsbedarf zu den möglichen Folgen des Klimawandels in der Landwirtschaft. Laut derzeitigen Klimaprojektionen könnte sich die durchschnittliche Jahrestemperatur in Deutschland im Zeitraum 2071-2100 um bis zu 3,5 °C erhöhen. Alle Klimamodelle prognostizieren, dass die Erwärmung besonders in den Wintermonaten zu spüren sein wird. Vermutlich wird es in den Wintermonaten mehr Niederschläge geben, während die Sommermonate trockener werden. Extreme Witterungsereignisse z. B. temporäre Dürren und Starkregen werden vermutlich zunehmen. In Abhängigkeit von den natürlichen Bedürfnissen der jeweiligen Schaderreger, Kulturpflanzenarten, Anbau- und Standortbedingungen können die damit verbundenen Auswirkungen auf den Pflanzenbau negativ oder positiv sein. Zum Beispiel ist einerseits mit dem Vordringen Wärme liebender Arten von Schaderregern nach Norden zu rechnen und andererseits mit Verschiebungen in der Bedeutung bereits im Norden etablierter Arten (Ordon 2008).

Regionale Klimaprojektionen

Die exakte Vorhersage der Klimaänderungen ist weder global noch regional möglich. Alle Projektionen sind bisher mit starken Unsicherheiten behaftet. Generell gilt, je weiter bei den Projektionen der Blick in die Zukunft geht und je kleiner die betrachteten Regionen sind, desto unsicherer wird die Projektion. Die Unsicherheit der Projektion ist für die zu erwartende Temperaturentwicklung kleiner als bei den Niederschlägen. In Niedersachsen befasst sich das Klimafolgenforschungsprojekt KLIFF (<http://www.kliff-niedersachsen.de.vweb5-test.gwdg.de/>), im Rahmen dessen dieser Beitrag geschrieben wurde, mit den möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Forst-, Land- und Wasserwirtschaft.

Klimawandel und Schaderregerspektrum

Ein sehr stark vereinfachter Überblick der möglichen Änderungen im Schaderregerspektrum auf Grundlage der projizierten Klimaänderungen im Winter und Sommer ist in Tabelle 1 veranschaulicht. Generell wird es wohl eher zu einer Zunahme der Bedeutung der meisten Schaderregergruppen kommen, jedoch sind auch rückläufige Entwicklungen möglich. Noch sind viele Einflussfaktoren und deren Interaktionen unbekannt, so dass erheblicher Forschungsbedarf in der Klimafolgenforschung im Pflanzenschutz und -bau besteht. Vor allem muss untersucht werden, welche Einflussfaktoren förderlich bzw. hemmend auf die Entwicklung spezifischer Schaderreger sind, und zwar im Hinblick auf deren Überlebensrate, Verbreitung, Infektionsbedingungen und epidemische Entwicklung im Kulturpflanzenbestand. Zusammenfassend muss dann eine Gesamtbeurteilung für jeden einzelnen Schaderreger vorgenommen werden, die sicherlich starken Unsicherheiten unterliegen wird. Je größer die Unsicherheiten sind, desto stärker ist die Notwendigkeit, Kulturpflanzenysteme größtmöglicher Artenvielfalt zu etablieren, um das System gegen bekannte/unbekannte Risiken abzapuffern (Christen 2008).

Tab. 1: Mögliche Veränderungen in der Bedeutung verschiedener Schaderregergruppen unter projiziertem Klimawandel im Winter (wärmer und feuchter) und Sommer (wärmer und trockener) in Deutschland (verändert nach Boland et al. 2004 und Patterson et al. 1999).

Schaderreger	Bedeutung	Förderlich	Hemmend
Bakterien	Abnahme?	Wärmere und feuchtere Winter; wärmere Sommer	Trockenere Sommer¹⁾
Pilze	Abnahme?	Wärmere und feuchtere Winter, wärmere Sommer? ²⁾	Trockenere Sommer³⁾
Viren	Zunahme	Wärmere Winter (Vektoren, Virus), wärmere Sommer? (Vektoren, Viren)	Feuchtere Winter (Vektoren), trockenere Sommer (Wirt-Viren?)
Insekten	Zunahme	Wärmere Winter⁴⁾, wärmere Sommer, trockenere Sommer?	Feuchtere Winter?, Entwicklung von Gegenspielern?
Nematoden	Zunahme	Wärmere und feuchtere Winter, wärmere Sommer	Wärmere und feuchtere Winter (z. B. Überdauerung der Eier im Boden?)
Unkräuter (v. a. C3-Arten)	Zunahme	Wärmere und feuchtere Winter, wärmere Sommer, steigender CO₂-Gehalt der Atmosphäre	Trockenere Sommer

¹⁾In fett: der wohl stärkere Effekt auf die Schaderregerdynamik/-bedeutung (jedoch abhängig vom Vermehrungspotential des Schaderregers, mono- vs. polyzyklisch, zukünftiges Schaderregerspektrum, etc.).

²⁾Kommt auf die Stärke der Temperaturerhöhung an (eher optimal oder suboptimal für den Erreger??).

³⁾Relativ spät einsetzende Sommertrockenheit wird wohl einen vergleichsweise geringen Effekt ausüben.

⁴⁾Wärmere Temperaturen im Winter zeitnah gefolgt von Frost könnten aber auch Insektenpopulationen, z. B. Blattläuse, drastisch dezimieren.

Laut von Tiedemann und Ulber (2008) muss der chemische Pflanzenschutz mehr den je unter einem sich wandelnden Klima durch vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen unterstützt werden. Hierzu zählen vor allem pflanzenbauliche Maßnahmen wie zum Beispiel eine möglichst vielfältige Fruchtfolge, standortangepasste Kulturpflanzen- und Sortenwahl sowie Düngung. Die Züchtung von Sorten, die in Hinblick auf die in Zukunft zu erwartenden Erfordernisse gegen biotische und abiotische Faktoren resistent bzw. tolerant sind, ist essentiell. Das zu erwartende situationsbedingt stark schwankende Schaderregerauftreten macht die Entwicklung von zuverlässigen Prognosesystemen für den termingerechten, gezielten Pflanzenschutz erforderlich.

Literatur

- Boland G.J.; M.S. Melzer; A. Hopkin; V. Higgins und A. Nassuth 2004: Climate change and plant disease in Ontario. Canadian Journal Plant Pathology 26: 335-350.
- Christen O. 2008: Langfristige Trends und Anpassung der Anbausysteme an den Klimawandel. In: v. Tiedemann, A.; R. Heitefuss und F. Feldmann (Hrsg.): Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz. DPG Spectrum Phytomedizin. Themenschwerpunkt der 56. Deutschen Pflanzenschutztagung in Kiel 2008. DPG Selbstverlag, Braunschweig, 57-64.
- Ordon F. 2008: Pflanzenzüchterische Möglichkeiten der Anpassung von Nutzpflanzen an zukünftige Produktionsbedingungen. In: v. Tiedemann, A.; R. Heitefuss und F. Feldmann (Hrsg.): Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz. Details siehe oben, 90-102.
- Patterson D.T.; J.K. Westbrook; R.J.V. Joyce; P.D. Lindgren und J. Rogasik 1999: Weeds, insects, and diseases. Climatic Change 43: 711-727.
- von Tiedemann A. und B. Ulber 2008: Verändertes Auftreten von Krankheiten und Schädlingen durch Klimaschwankungen. In: v. Tiedemann, A.; R. Heitefuss und F. Feldmann (Hrsg.): Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz. Details siehe oben, pp. 79-89

Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Bodenwasserhaushalt und die Pflanzenentwicklung bei Winterweizen im mitteldeutschen Trockengebiet

Sebastian Damm, Joachim Bischoff*, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Im mitteldeutschen Trockengebiet ist trotz großer Wasserspeicherkapazität der typischen Löss- und der lößbürtigen Böden das Wasser oft der begrenzende Wachstumsfaktor. Zur Sicherung einer kostengünstigen und hochwertigen Produktqualität hat unter diesen Bedingungen die Anwendung von wassersparenden Bodenbearbeitungsmaßnahmen oberste Priorität. Die konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat weisen infolge des großen Bodenbedeckungsgrades und des damit verbundenen Evaporationsschutzes besondere Vorteile auf. Es war deshalb Ziel der Untersuchungen, den Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf die Ausnutzung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers unter Winterweizen eingehend zu betrachten.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 2005 in der LLFG Bernburg auf einer Löss-Schwarzerde (Normtschernosem, Bodenart Ut4, 22 % Ton, 70 % Schluff, C_{org} 1,55 M.-%, langj. Jahresniederschlag 469 mm, langj. Jahresmitteltemperatur 9,1 °C) in einem seit 1996 laufenden Großflächenversuch durchgeführt. In die nähere Auswertung wurden folgende Bodenbearbeitungsvarianten einbezogen:

- konventionelle Bodenbearbeitung, Pflug/Packer (25 cm),
- konservierende Bodenbearbeitung, Grubber (15 cm) und
- Direktsaat.

Die Ermittlung der Bodenfeuchte erfolgte in wöchentlichen Abständen mit dem Bodenfeuchtesensor ML2 (Fa. UIT GmbH Dresden) in den Bodentiefen 5 cm, 30 cm, 60 cm und 90 cm an feststehenden Messplätzen. Zur Bewertung der Bodenfeuchtedynamik wurden in unmittelbarer Nähe der Bodenfeuchtemessplätze in 8 Bodentiefen (6-fache Wiederh.) bis in 10 dm die Trockenrohdichte (Stechzylinder 250 cm³) und die Porenverteilung ermittelt. Über die detaillierte Beschreibung des Messverfahrens sowie die Darlegung weiterer versuchsmethodischer und anbautechnischer Angaben informiert Damm (2006) ausführlich.

Ergebnisse und Diskussion

Nach acht Versuchsjahren haben sich bereits wesentliche bodenphysikalische Gleichgewichtszustände eingestellt (Ergebnisse nicht dargestellt). So wies die gepflügte Bodenbearbeitungsvariante eine deutliche Krumbasisverdichtung mit den dafür symptomatischen hohen Trockenrohdichten und Durchdringungswiderständen sowie stark eingeschränkte Grobporenvolumina und verringerte Luft- und Wasserleitfähigkeiten auf. Weiterhin wurde deutlich, dass sich agrotechnisch bedingte Schädverdichtungsrelikte mittels konservierender Bodenbearbeitung bzw. minimierten mechanischem Bodeneingriff (Direktsaat) langfristig regenerieren können. Bei den

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle

* Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg

Untersuchungen im Jahr 2005 waren die größten Wassergehalte in der gepflügten Variante zu finden, die geringsten traten in der Grubbervariante auf und die Direktsaat nahm hierbei eine Mittelstellung ein. Ab Mitte Juni war das pflanzenverfügbare Bodenwasser bei den Bearbeitungen in der Krume vollständig ausgenutzt. Nennenswerte Reserven waren nur noch bei Pflugfurche in 3-10 dm Bodentiefe festzustellen.

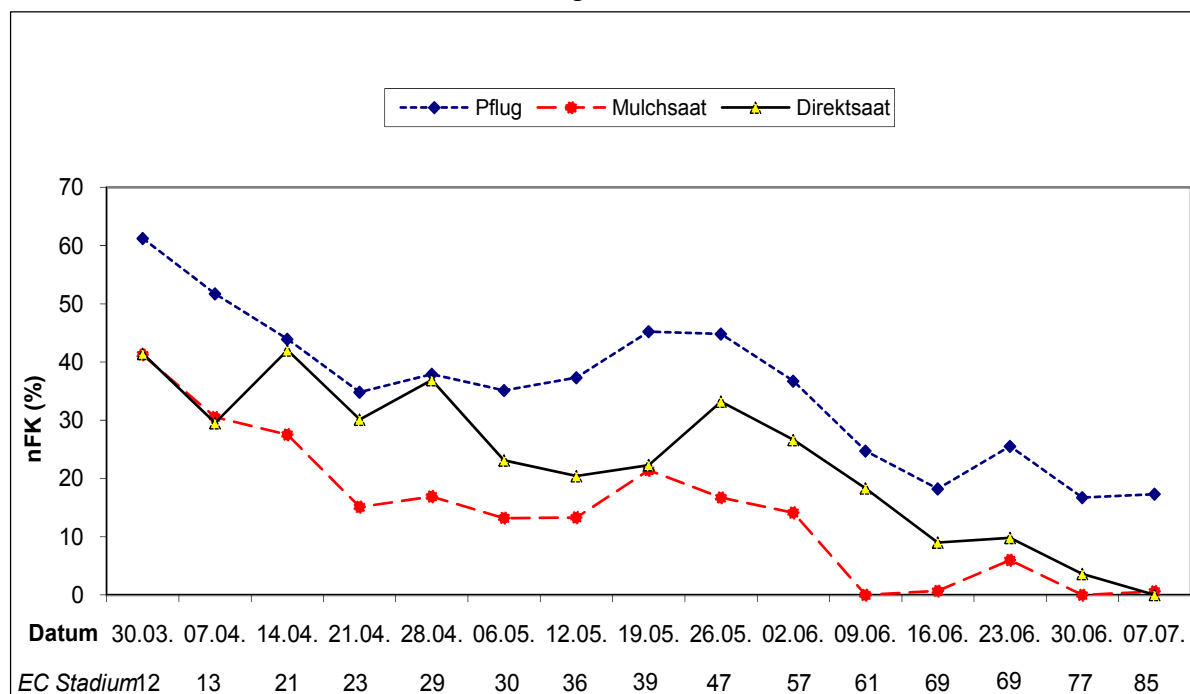


Abb. 1: Pflanzenverfügbares Bodenwasser [% nFK] in 0-10 dm Bodentiefe (2005)

Direktsaat und konservierende Bearbeitung hatten die Bodenwasservorräte im Profil bis in 10 dm bei Trockenstress im Juni nahezu völlig aufgebraucht (Abb. 1). Als wesentliche Ursachen für die ungenügende Ausnutzung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers sind die Gefügeschäden in der Krumenbasis und die damit verbundene eingeschränkte Durchwurzelbarkeit des Unterbodens beim Pflügen anzusehen, die sich bei den trockenen Bedingungen im zeitigen Frühjahr (März/April) und im Vor-sommer 2005 (Juni) besonders ungünstig auf die Ertragsbildung auswirkte.

Tab. 1: Pflanzenparameter bei Winterweizen 2005

Parameter/Variante	Pflug/Packer (25cm)	Grubber (15cm)	Direktsaat
Feldaufgang [%]	93	89	81
Ährenzahl [Ä/m ²]	569	638	605
TKM [g]	38,5	40,0	38,1
Kornertrag [dt/ha]	67,2 (rel,100)	75,2 (112)	73,0 (109)
Wassernutzungseffizienz [l/kg TS]	316	287	285

Die Wassernutzungseffizienz (Tab. 1) war insgesamt bei konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat auf dem Trockenstandort deutlich besser ausgeprägt als nach der konventionellen Pflugbearbeitung.

Literatur

Damm, S. 2006: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf den Bodenwasserhaushalt und die Pflanzenentwicklung bei Winterweizen auf Löß-Schwarzerde. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Diplomarbeit.

Ertragsbildung, Stickstofffixierung und Unkrautentwicklung in Ackerbohnen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung einschließlich der Direktsaat

Rüdiger Jung & Rolf Rauber

Einleitung

Im Rahmen des Projektes „Entwicklung neuer Strategien zur Mehrung und optimierten Nutzung der Bodenfruchtbarkeit“ arbeiten das Institut für Organischen Landbau, das Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (beide Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn), das Fachgebiet Ökologischer Landbau der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden sowie das Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen zusammen. Dieses Projekt wird vom BMELV im Rahmen des „Bundesprogramms Ökologischer Landbau“ gefördert. Die Projektlaufzeit erstreckt sich von Juli 2008 bis Mai 2011.

Hauptziel der Forschung ist die systematische Erarbeitung, komplexe Abbildung und praktische Umsetzung von Anbaustrategien zur Sicherung und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit. Die optimierte Nutzung von Körnerleguminosen in Fruchtfolgeausschnitten mit reduzierter Bodenbearbeitung bzw. Mulch- und Direktsaatverfahren im Ökologischen Landbau stehen dabei im Vordergrund.

Im Göttinger Teilprojekt mit dem Titel „Nichtlegumer Zwischenfruchtbau und reduzierte Bodenbearbeitung zur Steigerung der symbiotischen N₂-Fixierleistung von Ackerbohnen“ soll durch Anbau nichtlegumer Zwischenfrüchte nach Sommergerste das Angebot an bodenbürtigem pflanzenverfügbarem Stickstoff abgesenkt werden, wodurch wiederum die symbiotische N₂-Fixierleistung der Ackerbohnen in der nachfolgenden Vegetationsperiode angeregt wird. Unterstützt werden soll dieser Effekt durch reduzierte Bodenbearbeitung und der damit verbundenen reduzierten Mineralisierung (Köpke et al. 2009).

Material und Methoden

Am Versuchsgut Reinshof (Auenlehm, Ø 83 BP) wurden für die Jahre 2008/09 sowie 2009/10 zwei Feldversuchsserien geplant. Folgender Fruchtfolgeausschnitt wird diesbezüglich betrachtet: Sommergerste – Hafer-Sonnenblumen-Gemenge als nicht-legume Zwischenfrucht – Ackerbohne.

Tab. 1: Differenzierte Bodenbearbeitung vor Aussaat der Ackerbohne

	Anbausystem	Art der Bodenbearbeitung	Arbeitsgerät	Bearbeitungstiefe
A.	Lockerbodensystem (LBS)	konventionell	Wendepflug	~ 0,25 m
B.	Lockerbodenmulchsystem (LMS)	reduziert	Flügelschargrubber	~ 0,15 m
C.	Festbodenmulchsystem (FMS)	ohne	ohne	-

In der ersten Phase der Untersuchungen (August 2008 bis März 2009) wurde nach der Ernte der Sommergerste der Einfluss der nichtlegumen Zwischenfrucht auf die

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften,
Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

nachfolgenden Ackerbohnen ermittelt. Deshalb wurden im faktoriellen Feldversuch die Großparzellen unterteilt: 1. mit Zwischenfrucht: ein Hafer-Sonnenblumen-Gemenge (Aussaat am 05.08.2008) sowie 2. ohne Zwischenfrucht als Schwarzbrache (Abflammung Beikräuter zu vier Terminen, August bis Oktober 2008). In der zweiten Phase wurden zum Zeitpunkt der Etablierung der Ackerbohnen (Aussaat am 07.04. und 08.04.2009) differenzierte Bodenbearbeitungsverfahren durchgeführt (Tab. 1). Die genannten Untersuchungsphasen werden in einem zweiten Feldversuch 2009 bzw. 2010 wiederholt.

Neben der Hauptfrucht Ackerbohne (cv. Fuego) wurde Sommerweizen (cv. Granny) als Kontrolle und Referenz ausgesät. In der Variante C (Tab. 1) wurde mit der in Neuseeland entwickelten, so genannten Cross-Slot®-Technik ein weitgehend neuartiges Mulchsaatverfahren eingesetzt. Alle Versuchsvarianten wurden in „Weiter Reihe“ angelegt (0,375 m), um Beikräuter durch Mulchen im Reihenzwischenraum zu regulieren.

Die Sprossmassen und N-Gehalte der Kulturpflanzen und Beikräuter werden ebenso wie Bodenproben zur Nmin-Analyse zu definierten Zeitpunkten erhoben (zwei Zeiternten, Ernte zur Kornreife). Die symbiotische Stickstofffixierung der Ackerbohnen wird mit Hilfe der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode bzw. der Erweiterten Differenzmethode geschätzt. Geplant ist ferner, den Transfer des Stickstoffs von der nichtlegumen Zwischenfrucht zu den Ackerbohnen durch eine ^{15}N -Spurenanreicherung (10 atom % $^{15}\text{N}_2$ -Harnstoff) zu ermitteln.

Ergebnisse und Diskussion

Das Hafer-Sonnenblumen-Gemenge wurde 84 Tage nach der Aussaat geerntet (28.10.08). In dieser Zeit bildete sich eine Spross-Trockenmasse in Höhe von 28,0 dt ha⁻¹ (Anteile Hafer 77 %, Beikraut < 2 %). Die Spross-N-Akkumulation belief sich auf 63,5 kg N ha⁻¹. Im Boden (bis 1,2 m Tiefe) wurden mittlere Nmin-Mengen in Höhe von 13,3 kg N ha⁻¹ (Zwischenfrucht) bzw. 93,1 kg N ha⁻¹ (Schwarzbrache) vorgefunden. Anfang April 2009 fanden sich im Vergleich zum 28.10.2008 noch 27 % der Spross-Trockenmasse als abgestorbenes Stroh. Hafer erwies sich hier im Vergleich zu Sonnenblume als der bessere Bodendecker.

Zur ersten Zeiternte (Z1, 25.05.09) der Ackerbohne (BBCH 38) bewegten sich die Spross-Erträge zwischen 10,1 und 12,9 dt TM ha⁻¹. Zur zweiten Zeiternte (Z2; 18.06.09; BBCH 65) fanden sich Spross-Erträge zwischen 38,1 und 45,9 dt TM ha⁻¹. Erhebliche Mengen an Beikräutern wurden in Z1 (6,0 – 10,7 dt TM ha⁻¹) als auch in Z2 (12,5 – 15,8 dt TM ha⁻¹) angetroffen. Dies entspricht ca. 40 bzw. 25 % der Gesamttrockenmasse. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten lagen nicht vor. Analysen zur N-Dynamik in den Ackerbohnenbeständen sind noch nicht vollendet. In der Variante FMS war *Cirsium arvense* ein Beikraut mit hoher Abundanz (ca. 5 Pfl./m² vor der ersten Regulierungsmaßnahme, 20.04.09). Allerdings war die Ausbreitung dieser Art auf der Gesamtfläche sehr heterogen. Im Mai und Juni 2009 zeigte *Sinapis arvensis* hohe Abundanzen in den Varianten LBS und LMS. Dagegen war das Aufkommen des Ackersenfs in der Variante FMS gering. Derzeit ist noch nicht klar, ob in der oberen FMS-Bodenschicht weniger Ackersenf-Samen vorlagen oder diese Samen zu einem höheren Prozentsatz dormant blieben.

Literatur

Köpke, U.; R. Rauber; K. Schmidtke; H.E. Goldbach und H.W. Scherer 2009: Entwicklung neuer Strategien zur Mehrung und optimierten Nutzung der Bodenfruchtbarkeit. Erster Zwischenbericht zum Forschungsprojekt, Bonn.

Stickstoffbilanzen und Kornerträge von Winterweizen bei verschiedenen Vorfrüchten und Vor-Vorfrüchten

Andreas Muskolus & Heinz-Josef Koch

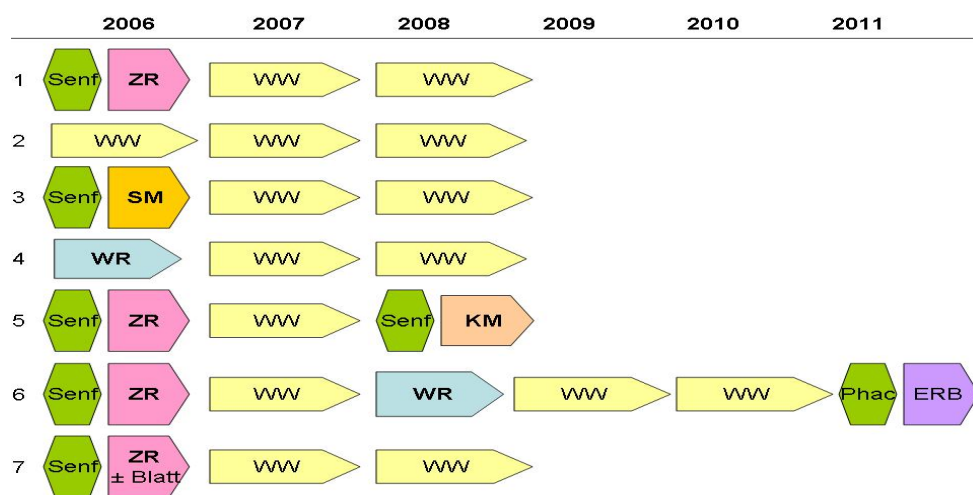
Einleitung

Der zeitliche Wechsel abgestimmter Kulturpflanzen auf derselben Fläche gilt als wesentliche ertragssichernde Errungenschaft in der Geschichte des mitteleuropäischen Ackerbaus. Fruchtfolgen optimieren Nährstoffflüsse und können Krankheits-, Schädlings- und Unkrautbefall verhindern oder verringern. Durch die Entwicklung synthetischer Dünger und effizienter chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen geriet die Bedeutung von Fruchtfolgen in den Hintergrund, sie gewinnt aber mit steigenden Kosten für Produktionsaufwendungen und neuen umweltpolitischen Forderungen wieder an Bedeutung. Im Folgenden werden aus einem Fruchtfolge-Dauerfeldversuch Erträge und Stickstoffbilanzen für Winterweizen dargestellt. Um dabei die Effekte von Ernterückständen mit langsamer Stickstoffmineralisierung zu erfassen, wird nicht nur nach Vorfrüchten, sondern auch nach Vor-Vorfrüchten unterschieden.

Material und Methoden

2006 wurde der IfZ-Langzeitversuch „Systemversuch Fruchtfolge“ auf einem Lössstandort in Harste bei Göttingen (8,9 °C, 620 mm Niederschlag) nach dem in Abb. 1 gezeigten Schema erstellt (siehe auch Beining & Koch, 2008). Der Versuch ist in drei Wiederholungen angelegt, wobei alle gezeigten Fruchtfolgefelder in jedem Jahr angebaut werden. In Fruchtfolge 7 wird im Unterschied zu Fruchtfolge 1 das Zuckerrübenblatt auf einer Teilfläche der Parzellen nach der Ernte entfernt und dem anderen Teil hinzu gegeben. Nach Zuckerrüben und Silomais wurde 14 Tage später ausgesät als nach Winterraps und Winterweizen (Mitte vs. Ende Oktober). Die Winterweizenparzellen werden je nach Vorfrucht und N_{\min} im Frühjahr nach dem Sollwertkonzept der Landwirtschaftskammer Niedersachsen gedüngt. Zur Darstellung der Stickstoffsalden wurde ein N-Vergleich nach Düngeverordnung durchgeführt. Die gezeigten Ergebnisse stammen aus dem Jahr 2008.

Abb. 1: Fruchtfolgen im IfZ-Langzeitversuch „Systemversuch Fruchtfolge“ (ZR: Zuckerrüben, WW: Winterweizen, SM: Silomais, WR: Winterraps, KM: Körnermais, ERB: Erbsen)



Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund der wachstumsfördernden Witterung des Jahres 2008 wurden durchweg sehr hohe Kornerträge erreicht. Im Vergleich zur Vorfrucht Winterraps ergab sich in der Winterweizen-Selbstfolge trotz leicht höherer Stickstoffdüngung ein um $1,2 \text{ t ha}^{-1}$ verminderter Ertrag (Tab. 1). Alle anderen Kornerträge lagen darüber, allerdings wurde auch nach Zuckerrüben im Gegensatz zu den von Honermeier und Behle-Schalk (2008) dargestellten Ergebnissen im Mittelwert $0,7 \text{ t ha}^{-1}$ weniger geerntet als nach Raps. Die Zu- oder Abfuhr des Rübenblattes hatte auf dem Lössboden kaum einen Einfluss auf den nachfolgenden Weizenertrag. Die teilweise deutlichen Ertragsunterschiede in den verschiedenen Fruchtfolgen müssen im Kontext der spezifischen Standorteigenschaften interpretiert werden.

Tab. 1: N-Abfuhr, Stickstoffbilanz und Kornertrag (TM 86 %) von Winterweizen nach verschiedenen Vorfrüchten und Vor-Vorfrüchten

Vor-Vorfrucht	Vorfrucht	N-Düngung [kg ha ⁻¹]	N Abfuhr Korn [kg ha ⁻¹]	Stickstoff- bilanz [kg ha ⁻¹]	Stickstoff- bilanz [kg ha ⁻¹]	Korn- ertrag [t ha ⁻¹]	Korn- ertrag [t ha ⁻¹]
WW	SM	200	230	-30	-30	12,9	12,9
WW	WR	180	234	-54	-54	13,3	13,3
SM	WW	200	229	-29	-27	12,6	12,3
WR		200	230	-30		12,4	
WW		200	229	-29		12,1	
ZR		200	232	-32		12,6	
ZRmBlatt		200	215	-15		12,2	
ZRoBlatt		200	221	-21		12,4	
ERB	ZR	180	204	-24	-26	12,6	12,6
KM		180	215	-35		13,1	
WW		180	199	-19		12,5	
WW	ZRmBlatt	180	205	-25	-25	12,6	12,6
WW	ZRoBlatt	180	196	-16	-16	12,3	12,3

In allen Fruchtfolgen wurde im Jahr 2008 durch die Abfuhr des Korns mehr Stickstoff entzogen als zuvor gedüngt wurde. Damit waren alle Stickstoffbilanzen negativ. Aufgrund der hohen Erträge und der etwas geringeren Düngung zeigte sich dieser Effekt nach Winterraps am deutlichsten. Unterschiedliche Stickstoffentzüge lassen sich allerdings nicht allein aus den Kornerträgen erklären, sondern spiegeln auch unterschiedliche N-Gehalte im Korn wider. Die Differenzierungen bei den Stickstoffbilanzen der verschiedenen Fruchtfolgen fallen deshalb teilweise anders aus als jene bei den Kornerträgen. Insgesamt wird deutlich, dass bei der Ertragsbildung nicht nur die Menge des während der Vegetationsperiode pflanzenverfügbaren Stickstoffs eine Rolle spielt, sondern auch die je nach Vorfrucht und Vor-Vorfrucht zeitlich unterschiedliche Mineralisierung organisch gebundenen Stickstoffs. Weitergehende sowie fruchtfolgebezogene Aussagen sind erst nach Ablauf weiterer Versuchsjahre möglich.

Literatur

- Beining, A. und H.-J. Koch 2008: Vorfruchteffekte auf Ertrags- und Qualitätsparameter von Zuckerrüben - Erste Ergebnisse eines Dauerversuchs. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss 20: 37-38.
 Honermeier, B. und L. Behle-Schalk 2008: Vorfruchtwert von Raps. Raps 26: 92-95.

Wirkung von Trockenstress und N-Düngung auf Bodenatmung und C-Umsatz unter Winterweizen

Andreas Pacholski & Henning Kage

Einleitung

Im Rahmen des anthropogenen Klimawandels ist in vielen Regionen Deutschlands mit einer deutlichen Veränderung der Niederschlagsverteilung und einem vermehrten Auftreten von Trockenperioden zu rechnen (UBA 2007). Neben einer unmittelbaren Wirkung dieser Veränderungen auf die pflanzliche Produktion (Wassermangel, Trocken-/Hitzestress) sind deutliche Effekte auf den C- und N-Umsatz an Ackerstandorten zu erwarten. Es ist davon auszugehen, dass unter Wasserlimitierung im Sommerhalbjahr eine geringere C-Umsatzrate und damit eine verringerte N-Mineralisation gegeben sind. Dies hat Rückwirkungen auf die C-Speicherung im Boden, die Humusbilanz und die N-Verfügbarkeit an den betroffenen Standorten. Der quantitativ wichtigste C-Fluss aus dem Boden stellt die Bodenatmung (CO₂-Efflux) dar. Die oben genannten Effekte sind nur schwer direkt zu ermitteln, da der C-Umsatz im Boden, insbesondere der CO₂-Efflux, auch stark durch die pflanzliche Aktivität am Standort beeinflusst wird. Auch vor dem Hintergrund dieser Interaktionen besteht zu diesen Zusammenhängen noch ein umfassender Forschungsbedarf. In den Jahren 2006 und 2007 wurde in der Rollhausanlage des Versuchsbetriebes Hohenschulen der Universität Kiel der Kohlenstoffumsatz durch Messungen des CO₂-Efflux in Winterweizenparzellen unterschiedlicher Wasser- und N-Versorgung untersucht.

Material und Methoden

Die Rollhausanlage des Versuchsbetriebs Hohenschulen besteht aus 2 Rollgewächshäusern mit integrierter Bewässerungsanlage, die jeweils 6 Parzellen (8 m x 4 m) abdecken ($n_{\text{gesamt}} = 12$). Bei Indikation eines Regenereignisses mit einem Niederschlagssensor wurden die Rollhäuser über die Bestände gefahren. In den Versuchsjahren 2006 und 2007 wurde Winterweizen (Sorte ‚Ritmo‘) jeweils mit Vorfrucht Brache untersucht. Die Behandlungen umfassten 2 N Düngungsstufen (N- 0 kg N ha⁻¹, N+ 180 kg N ha⁻¹) und 2 Bodenfeuchtestufen (W-: ohne Beregnung, W+: 2006 wie Umgebungsniederschlag, 2007 wie Niederschlag im langjährigen Mittel). Die Rollhäuser wurden im Jahr 2006 ab dem 01.04. und im Jahr 2007 ab dem 01.03. in Betrieb genommen. Der CO₂-Efflux aus dem Boden wurde in den Zeiträumen April bis Anfang August wöchentlich mit einer Licor-6400-09 Bodenkammer (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, USA) gemessen. Dazu wurden in jeder Parzelle zu Beginn der Messperiode 3 ringförmige Messmanschetten in den Boden eingesetzt, auf welche die Messkammer zur Messung aufgesetzt wurde. In der statistischen Berechnung wurden Parzellenmittelwerte verwendet. Zur Auftrennung der CO₂-Emissionen aus dem Boden zwischen CO₂-Emissionen aus der Bodenmatrix und Rhizosphärenatmung wurden in beiden Versuchsjahren an verschiedenen Terminen je zwei 1 m² umfassende Teilflächen je Parzelle schattiert (Kuzyakov 2006; Reduktion der Strahlung >95%). Die Schattierung erfolgte 1 – 2 Tage vor der Messung des CO₂-Efflux. Zusätzlich zu den CO₂-Effluxmessungen wurden Bodenwassergehalte mit TDR-Sonden (05-25 cm, 35 - 55 cm) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Versuchsjahren wurden sehr ähnliche Dynamiken der CO₂-Emissionen im Verlauf der Vegetationsperiode ermittelt. Sechs Wochen nach dem Beginn des Experimentes waren im Beispieljahr 2006 signifikante Unterschiede in den CO₂-Effluxraten zwischen den Behandlungen mit unterschiedlicher Wasserversorgung und N-Düngung zu beobachten (Abb. 1). Im Oberboden gemessene volumetrische Wassergehalte wiesen 3 Wochen nach Versuchsbeginn signifikante Unterschiede in den Behandlungen auf, wobei auch Parzellen mit N-Düngung signifikant niedrigere Wassergehalte besaßen (Daten nicht gezeigt). Der Faktor Wasser hatte im gesamten Versuchsverlauf einen signifikanten Effekt auf den CO₂-Efflux. Außerdem konnten an verschiedenen Terminen signifikante Effekte der N-Versorgung und signifikante Interaktionen zwischen den beiden Behandlungsfaktoren ermittelt werden. Abbildung 2 zeigt beispielhaft den Effekt der Schattierung auf den CO₂-Efflux in der frühen Kornfüllungsphase. Durch die Schattierung konnte nur in den Behandlungen mit Wasserversorgung eine signifikante Reduktion des CO₂-Efflux beobachtet werden. Die Wurzeln im Oberboden trugen also zu diesem Zeitpunkt in der trockenen Variante nur zu einem sehr geringen Umfang zum CO₂-Efflux bei. Die durchschnittliche Reduktion des CO₂-Efflux um 40% ergab bei einem relativen Anteil der Wurzelatmung daran von bis zu 25% in den vorgelegten Untersuchungen eine beträchtliche Reduktion der C-Mineralisation unter Bedingungen einer Trockenperiode von etwa -30%. Die Untersuchungen zeigen, dass sich durch Bodengaswechselformen der Effekt von Trockenheit auf den C-Umsatz an Ackerstandorten *in situ* quantifizieren lässt. Durch Schattierung kann dabei der relative Effekt auf den C-Umsatz in der Bodenmatrix und in der Rhizosphäre bestimmt werden. So erhobene Daten können als wichtige Grundlage für die Modellierung und Modellkalibration des C-Umsatzes und der N-Mineralisierung angesehen werden.

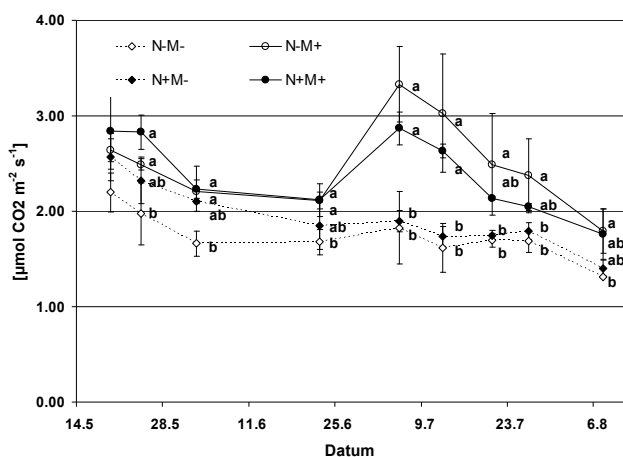


Abb. 1: Boden-CO₂-Efflux unter Winterweizen 2006 (M+ bewässert, M- unbewässert, N+ 180 kg N ha⁻¹, N- 0 N)

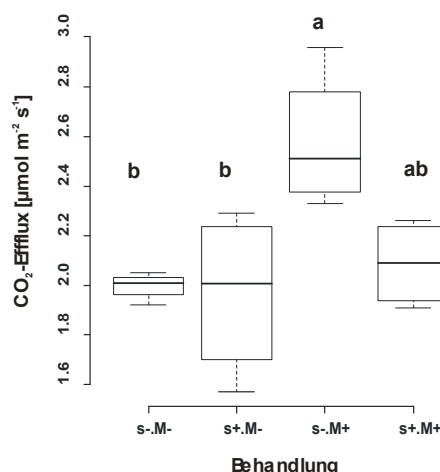


Abb. 2: Boden-CO₂-Efflux unter Winterweizen, 16.06.2006 (m+ bewässert, M- unbewässert, s+ schattiert, s—unschattiert)

Literatur

- Kuzyakov, Y. 2006: Sources of CO₂ efflux from soil and review of partitioning methods. - Soil Biology & Biochemistry 38: 425-448
- UBA Umweltbundesamt 2007: Hintergrundpapier „Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen - Das statistische Regionalisierungsmodell WETTREG“, Dessau, 27 S.

Einfluss der Herbststickstoffdüngung zu Winterweizen auf N-Verlagerung und Ertrag auf einer Rekultivierungsfläche

Matthias Rauch, Jan Rücknagel, Marc Büchner* & Olaf Christen

Einleitung

In Abhängigkeit vom technologischen Verfahren und Bodensubstrat können Rekultivierungsflächen ungünstige physikalische Bodeneigenschaften aufweisen, die zur Stauver Nassung bzw. verzögerten Abtrocknung im Frühjahr führen (Dumbeck, 1996). Dadurch ist bei ackerbaulicher Nutzung die Ausbringung von Mineraldünger im zeitigen Frühjahr vielfach nicht termingerech möglich. Ziel dieser Arbeit ist es zu prüfen, wie sich die Ausbringung der ersten N-Gabe mit unterschiedlichen Düngereformen bereits im Herbst des Aussaatjahres von Winterweizen im Vergleich zur Frühjahrsdüngung auf Ertrageigenschaften und die N-Verlagerung auswirken.

Material und Methoden

Auf einer rekultivierten Braunkohlekippe bei Zwenkau (Leipziger Tieflandsbucht; Höhe 136 m über NN; mittl. Jahresniederschlag 565 mm; mittl. Jahrestemperatur 9,3 °C; Rekultivierungsalter 40 Jahre) wurde 2007/08 ein Großflächenversuch zur Düngung in Streifenform (3 Wiederholungen je Variante, randomisiert) angelegt. Die Substratauflage beträgt 10 dm (Bodenart: lehmiger Sand, SI3). Der Versuch besteht aus folgenden Varianten: Frühjahrsgabe mit Harnstoff (15.03.08, ES 25), Herbstgabe (20.10.07, ES 12) mit Harnstoff, Schwefelsaures Ammoniak (SSA) sowie ENTEC. Auf jeder Düngungsvariante wurden 60 kg/ha N appliziert. Der Winterweizen (Sorte Leiffer) erhielt einheitlich über alle Varianten zwei weitere N-Gaben zu ES 31/32 (70 kg N/ha) und ES 55 (50 kg N/ha). An 6 Terminen im Zeitraum kurz vor der Düngerapplikation bis zum ES 32 wurden an je einer Mischprobe aus 30 Einstichen pro Variante N_{\min} -Untersuchungen in den Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm durchgeführt. Bei den Pflanzenparametern wurden ermittelt (n=12): Pflanzen/m², Ähren/m², Kornertrag, TKM und Rohproteingehalt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Applikation der Dünger im Herbst des Aussaatjahres führte gegenüber der Frühjahrsvariante in 0-30 cm Tiefe zu durchschnittlich 30-60 kg/ha höheren N_{\min} -Gehalten (Abb. 1a). Insbesondere im Dezember und Januar waren die Differenzen besonders ausgeprägt. Auch in der Tiefe 30-60 cm lag die Herbstdüngung mit etwa 20-30 kg je ha über den Werten der Frühjahrsdüngung (Abb. 2b). In 60-90 cm Tiefe konnte dagegen keine wesentliche Differenzierung festgestellt werden (nicht dargestellt). Insgesamt entspricht die Erhöhung der N_{\min} -Gehalte gegenüber dem Ausgangswert im Herbst etwa der applizierten N-Düngermenge. Das Niederschlagsaufkommen im Zeitraum der Untersuchungen lag mit 315 mm nur geringfügig über dem langjährigen Mittel, so dass im Untersuchungsjahr eigentlich nicht von einem besonderen Verlagerungsrisiko auszugehen ist. Dennoch deutet die Zunahme der N_{\min} -Gehalte in der 2. Tiefe auf eine Verlagerung von Stickstoff hin. Unter der Annahme höherer Niederschlagsmengen steigt auch das Risiko für die Verlagerung von Stickstoff über die Hauptwurzelzone hinaus (Bodentiefe von ca. 60 cm) weiter

an. Zudem werden bei den N_{\min} -Untersuchungen mit einem Abstand von 4-6 Wochen sprunghafte N-Verlagerungen durch stärkere Niederschlagsereignisse oder präferenziellen Fluss in Bioporen nicht erfasst. Für das Verlagerungsverhalten der einzelnen Düngerarten lassen sich wegen der durchgeführten Mischbeprobung keine klaren Tendenzen ableiten.

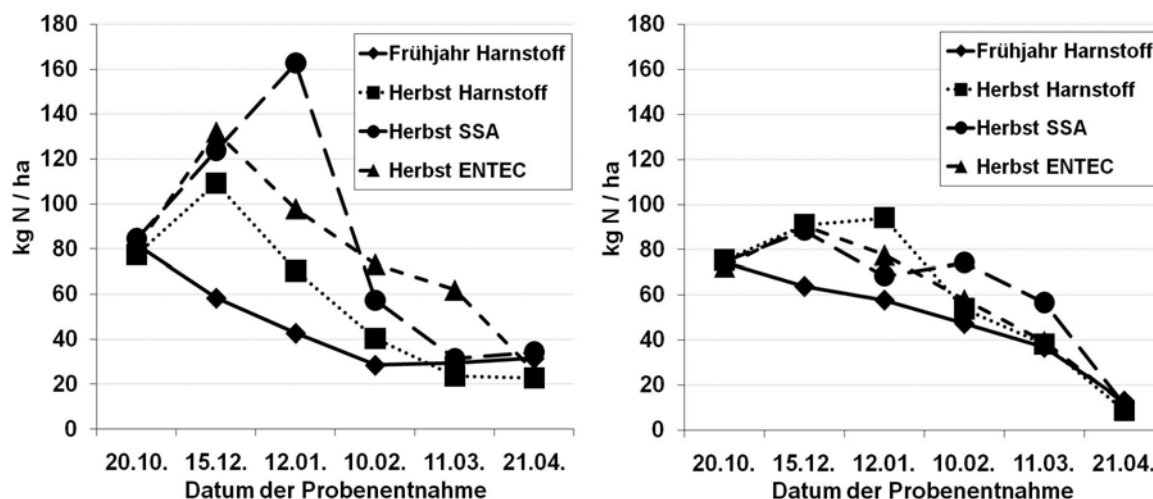


Abb. 1a, b: N_{\min} -Gehalte (Summe aus Nitrat- und Ammonium-N) in 0-30 cm (links) und 30-60 cm (rechts) Bodentiefe im Zeitraum kurz vor der Herbstdüngung 2007 (ES 12) bis zum Frühjahr 2008 (ES 31/32)

Tab. 1: Ertragsparameter und Rohproteingehalt bei den unterschiedlichen Düngungsvarianten; ¹ berechnet, GD Grenzdifferenz nach Tukey-Test

Parameter	Düngungsvariante			
	Frühjahr Harnstoff	Herbst Harnstoff	Herbst SSA	Herbst ENTEC
Pflanzen/m ² (GD _{0,05} 41)	248	219	232	231
Ähren/m ² (GD _{0,05} 73)	460	437	433	455
Beährungsfaktor ¹	1,9	2,0	1,9	2,0
Kornzahl/Ähre ¹	43,9	45,5	43,2	44,5
TKM [g] (GD _{0,05} 3,8)	36,1	37,0	37,1	36,8
Kornertrag [dt/ha] (GD _{0,05} 9,6)	72,9	73,6	69,3	74,4
Rohprotein (GD _{0,05} 1,0)	13,8	13,2	13,4	13,6

Zwischen den Düngungsvarianten bestehen keine gesicherten Unterschiede hinsichtlich Ertragswirkung, Ertragsaufbau und Rohproteingehalt (Tab. 1). Lediglich die SSA-Variante zeigt tendenziell einen geringeren Kornertrag, der auf einer geringeren Anzahl ährentragender Halme in Verbindung mit einer verminderten Kornzahl/Ähre beruht. Im Ergebnis des einjährigen Versuchs ist von der Herbststickstoffdüngung wegen der potentiellen N-Austragsgefährdung und ausbleibender Ertragswirkungen auf Rekultivierungsflächen abzuraten.

Literatur

Dumbeck, G. 1996: Rekultivierung unterschiedlicher Böden und Substrate. Handbuch der Bodenkunde. 8.3 Bodensicherung/-sanierung/-restaurierung: 1-37.

Boden- und Pflanzenwasserhaushalt bei Winterroggen in verschiedenen Anbausystemen

Frank Ellmer, Heiko Vogel & Michael Baumecker

Einleitung

In Deutschland werden ca. 750 T ha Roggen angebaut. Das sind rund 10 % der Getreidefläche. Ein Großteil dieser Flächen liegt in Regionen, welche hinsichtlich der Wasserversorgung suboptimale Standortbedingungen aufweisen. Die Ertragsfähigkeit wird daher primär durch die Wasserverfügbarkeit limitiert. In einem statischen Feldversuch auf leicht schluffigem Sandboden wird hierzu untersucht, wie sich differenzierte organisch-mineralische Düngung und Zusatzbewässerung auf den Boden- und Pflanzenwasserhaushalt sowie den Kornertrag auswirken.

Material und Methoden

Am Standort Thyrow (Kreis Teltow-Fläming, Brandenburg) wurde 1969 der Statische Düngungs- und Beregnungsversuch angelegt. Er befindet sich auf einem schwach schluffigen Sandboden (2,7 % Ton, 0,52 % C_{org}, 11,6 mm dm⁻¹nFK) und wird als Langparzellen-Versuch mit den Faktoren organisch-mineralische Düngung und Beregnung in einer fünffeldrigen Fruchtfolge durchgeführt (Tab.1).

Tab.1: Organisch-mineralische Düngung

Stufen	N-Düngung zu Fruchtarten (kg ha ⁻¹)					Stroh- düngung
	Knautgras	Kartoffeln	Wintergerste	Winterraps	Winterroggen	
1	0	0	0	0	0	mit
2	60+30+30	60	60	60	60	mit
3	120+60+60	120	80+40	120	80+40	mit
4	120+60+60	120	80+40	120	80+40	ohne

Die Zusatzberegnung wird mit dem Modell „Berest“ witterungs- und bedarfsabhängig gesteuert.

Im Versuch wird der Bodenwassergehalt bis 1 m Bodentiefe elektromagnetisch mit der Profilsonde PR2 (Gaskin et al. 1996) vegetationsbegleitend wöchentlich gemessen. Damit soll Aufschluss über die Dynamik der Wasserversorgung während der verschiedenen Phasen der Ertragsbildung gewonnen werden. Der Pflanzenwasserhaushalt wird mittels Scholanderbombe M 600 (MM tech support 2009) quantifiziert. Damit wird das Blattwasserpotenzial der Pflanzen zu verschiedenen Terminen bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel der Jahre 1995 bis 2008 wurden bei einem N-Aufwand von 120 kg ha⁻¹ Winterroggenerträge von 48,4 dt ha⁻¹ ohne Beregnung und 55,1 dt ha⁻¹ mit Beregnung erzielt (+ 14 %). Damit wird das genetische Ertragspotenzial nur zu etwa 50 % erreicht (Landessortenversuche 2009).

Der Bodenwasserhaushalt unterlag in den Tiefen von 10 bis 100 cm einer starken, durch Pflanzenentzug, Niederschlag und Beregnung geprägten Dynamik. Dies betraf auch den Unterboden, wo in 60 cm Bodentiefe zu Vegetationsbeginn ein Vorrat von

22 Vol.-% gemessen wurde. Innerhalb von fünf Wochen nahm er um drei Prozent ab. Nach der Zusatzwassergabe von 25 mm in der 18. Kalenderwoche stellte sich eine Differenz von 3 bis 4 Vol.-% ein, die sich im Verlauf von fünf Wochen nicht veränderte (Abb. 1).

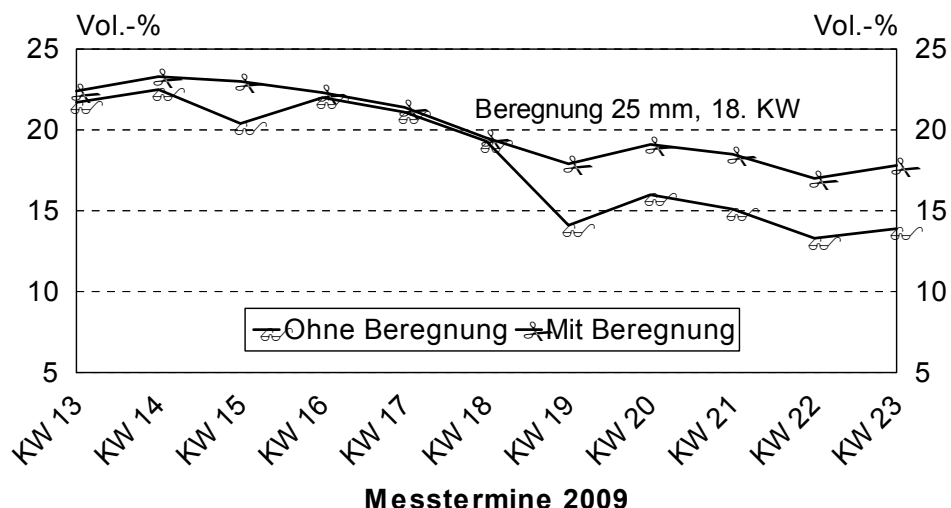


Abb. 1: Entwicklung der Bodenfeuchte in 60 cm Tiefe von der 13. zur 23. Kalenderwoche 2009

Die Messung des Blattwasserpotenzials der Sorte „Boresto“ ergab eine deutliche Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. Nach 120 kg ha⁻¹ Mineral-N lag es um 15 % höher als in der ungedüngten Kontrolle, womit ein höherer stickstoffbedingter Wasserbedarf angezeigt wird (Abb. 2).

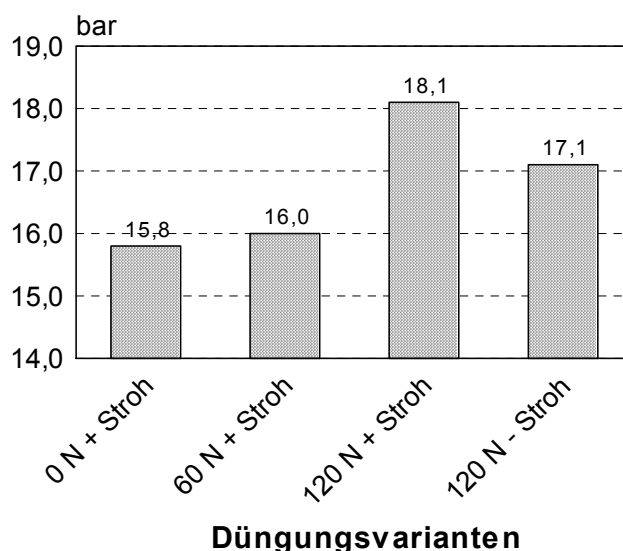


Abb. 2: Blattwasserpotenzial von Winterroggen „Boresto“ in verschiedenen Düngungssystemen; gemessen mit Scholanderbombe (28.04.2009)

Literatur

- Gaskin, G.J. und J.D. Miller 1996: Measurement of soilwater content using a simplified impedance measuring technique. J. Agr. Engin. Res. 63. 153-160
 Landessortenversuche in Thüringen. Winterroggen. http://www.tll.de/ainfo/pdf/lv_wro.pdf; 29.06.2009
 mmm tech support. <http://www.mmm-tech.de/index>; 29.06.2009

Einfluss unterschiedlicher Vorfruchtkombinationen auf die Ertragsbildung bei Winterraps im mitteldeutschen Trockengebiet

Ingo Winter, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Die wirtschaftliche Situation führt in vielen Marktfruchtbetrieben zur Konzentration von Kulturen mit hoher relativer Vorzüglichkeit. Dazu zählen besonders Winterweizen und Winterraps, die in den Fruchtfolgen in hohen Anteilen und zum Teil in Selbstfolge auftreten können. Während bei Winterweizen sehr viele Versuchsergebnisse zu dieser Fragestellung vorliegen, gibt es bei Winterraps kaum Untersuchungen. Als wesentliche Ursache für die Ertragsminderungen von Raps in Selbstfolge ist von phytosanitären Gründen auszugehen. Aber auch andere Ursachen (Nährstoffversorgung, Trockenstress zur Blüte und in der Ertragsbildungsphase) kommen in Betracht. Zum Einfluss von unterschiedlichen Weizen/Raps-Vorfruchtkombinationen auf die Pflanzenentwicklung von Winterraps gibt es insbesondere unter den spezifischen mitteldeutschen Löß-Standorten nur wenige verwertbare Ergebnisse.

Unter den Trockenbedingungen Mitteldeutschlands wurde deshalb mit einem Dauerversuch begonnen, um die Auswirkungen unterschiedlicher Weizen/Raps-Vorfrucht-kombinationen auf die Vorwinterentwicklung, das Regenerationsvermögen, die Ertragsstruktur und die Samenqualität von Winterraps zu analysieren. Über erste Ergebnisse wird im vorliegenden Beitrag berichtet.

Material und Methoden

Mit dem Dauerversuch wurde im Sommer 2002 (Erntejahr 2002 einheitlich Winterweizen auf Versuchsfläche) in der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt/Etzdorf (134 m NN, langj. Jahresniederschlag 450 mm, langj. Jahresmitteltemperatur 9,0 °C) der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg begonnen. Bodentypologisch zählt der Standort zu den Normtschernosemen (Haplic Chernozem) mit der Bodenart stark toniger Schluff (Ut4, 20 % Ton, 68 % Schluff, C_{org} 2,05 M.-%) im Ap-Horizont. Bei dem Versuch handelt es sich um eine Blockanlage mit 4 Wiederholungen. Sie beinhaltet 8 Kombinationen:

Jahr	1	2	3	4	5	6	7	8
2003	WW	WW	WW	WRa	WRa	WRa	WRa	WW
2004	WRa	WW	WW	WW	WRa	WRa	WRa	WW
2005	WRa	WRa	WW	WW	WW	WRa	WRa	WW
2006	WRa	WRa	WRa	WW	WW	WW	WRa	WW
2007	WW	WRa	WRa	WRa	WW	WW	WRa	WW
2008	WW	WW	WRa	WRa	WRa	WW	WRa	WW

Bemerkung: WW – Winterweizen, WRa – Winterraps (Sorte Mohican)

Die anbautechnischen Maßnahmen (Saatdichte, Düngung, Pflanzenschutz u. a.) wurden als fixe Faktoren auf der Versuchsfläche einheitlich gestaltet.

Ergebnisse und Diskussion

Bei mehr als dreimaliger Rapsselbstfolge sind während der Herbstvegetation visuell Wachstumsunterschiede zu erkennen. Blattanzahl, Wurzelhalsdurchmesser und die Blatt/Stängel-Trockenmasse sind gegenüber den Referenzvarianten zumeist

tendenziell, teilweise auch signifikant vermindert. Diese Entwicklung hielt auch nach dem Winter an. Der dem Weizen folgende Winterraps wuchs zügig und bildete die größten Blattflächenindices (BFI) aus (Winter 2009). Die Rapsselbstfolgenvarianten lagen dagegen bis nach der Blüte hinter diesen BFI-Werten zurück (Winter 2009). Diese Unterschiede im Wachstum hatten auch Folgen für die Ertragshöhe und so ist es auch nicht verwunderlich, dass im Mittel der Jahre 2006 bis 2008 die Samen-erträge mit zunehmender Selbstfolge systematisch abnehmen. Besonders stark sind die selbstfolgebedingten Ertragsdepressionen bei der relativ trockenen Witterung im Jahr 2006. In den Folgejahren waren dagegen die Ertragsdifferenzierungen bei „normaler“ Niederschlagsverteilung weniger stark ausgeprägt und nur zum Teil signifikant. Auf den „Monokulturparzellen“ (3- bis 5-malige Selbstfolge) sank das Ertragsniveau um 19 % (Tab. 1). Als eine Ursache ist dafür die Reduktion der Triebe 1. und 2. Ordnung anzusehen. Ebenso verminderten sich bei mehr als zweimaliger Selbstfolge die Schotenzahlen, wie die Befunde aus dem Jahr 2007 zeigen (Tab. 2).

Tab. 1: Winterrapserträge [dt/ha] nach unterschiedlicher Weizenvorfrucht

Versuchsjahr	Rapsbau n. Weizenvorfrucht			Monokultur ¹⁾
	1x	2x	3x	
2006	37,9 a	33,1 b	30,2 bc	22,6 c
2007	37,6 a	34,7 ab	34,6ab	32,6 b
2008	39,5 a	41,0 a	38,3 a	38,0 a
Mittel	38,3 (rel.100)	36,3 (95)	34,4 (90)	31,1 (81)

¹⁾ Selbstfolge 3x (2006), 4x (2007), 5x (2008)

Die Kornzahl je Schote und das Tausendkorngewicht waren dagegen weniger differenziert. Infolge der geringen Schotenzahl wurden bei Monokultur das Tausendkorngewicht und die Samenzahl je Schote im Vergleich zum Raps nach Weizenvorfrucht sogar geringfügig angehoben.

Tab. 2: Ausgewählte Ertragsstrukturmerkmale bei Winterraps (2007)

Ertragsstrukturmerkmal	Rapsbau n. Weizenvorfrucht			Monokultur ¹⁾
	1x	2x	3x	
Triebe 1. Ordnung	7,5 a	6,8 a	6,6 a	4,9 a
Triebe 2. Ordnung	10,4 a	8,2 a	6,6 a	0,8 b
Schoten Haupttrieb	28,4 a	26,6 a	30,5 a	23,4 a
Schoten Trieb 1. Ordng.	134,6 a	113,8 a	112,6 a	54,5 b
Schoten Trieb 2. Ordng.	75,6 a	46,9 ab	47,1 ab	5,4 c

¹⁾ viermalige Rapsselbstfolge

Die untersuchten Rapsanbaukonstellationen führten zu keinen wesentlichen Veränderungen bei den Öl-, Protein- und Glucosinolatgehalten. Hervorzuheben ist auch die Tatsache, dass bei den Ergebnissen der Nematodenuntersuchungen (*Heterodera schachtii*) im Frühjahr 2008 anhand der Zystenzahlen in der Ackerkrume (0-25 cm) zwar Unterschiede, aber keine systematischen Abstufungen zwischen den einzelnen Prüfgliedern festzustellen waren.

Literatur

Winter, I. 2009: Einfluss unterschiedlicher Vorfruchtkombinationen auf die Ertragsbildung bei Winterraps im mitteldeutschen Trockengebiet. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Inst. Agrar- und Ernährungswissenschaften, Diplomarbeit.

Wintererbse (*Pisum sativum*) in Rein- und Mischkultur im Biologischen Landbau unter semiariden Produktionsbedingungen

Elisabeth Neuner, Wilfried Hartl & Peter Liebhard*

Einleitung

Der Anbau von Wintererbsen hat derzeit aus verschiedenen Gründen noch eine geringe Bedeutung. Im Versuchsanbau wurde sie in Deutschland mehrjährig bearbeitet (Graß et al., 2004). Die Sorte EFB 33 wird in Kassel seit 1990 umfassend geprüft (Urbatzka, 2002). Im Biologischen Landbau werden aufgrund des rascheren Jugendwachstums und für eine bessere Beikrautunterdrückung Blatttypen bevorzugt. Diese weisen aber generell gegenüber halbblattlosen Formentypen eine geringere Standfestigkeit und damit verbunden eine erhöhte Lagerneigung auf. Daher werden Wintererbsen bei Körnernutzung meist im Gemenge mit Winterroggen oder -triticale angebaut (Graß et al., 2004). Vorliegende Ergebnisse bewerten die Anbaueignung von Wintererbse im semiariden Klimagebiet in Österreich.

Material und Methoden

In den Jahren 2006 und 2007 wurden im Nordosten Österreichs, in Platt (Bezirk Hollabrunn) Parzellenversuche in drei- und vierfacher Wiederholung durchgeführt. Der Boden des Versuchsstandortes ist ein tiefgründiger Tschernosem mit mittlerem Humusgehalt. Die jährliche Durchschnittstemperatur liegt bei 8,6° C und der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt bei 515 mm. Die Versuchsfelder liegen in offener windiger Lage. Die Anzahl der Eistage liegt im Mittel zwischen 45 und 60. Im Winter 2006/07 lag die niedrigste Temperatur bei -14° C, im Winter 2007/08 bei -12° C. Der Anbau erfolgte am 11. Oktober 2006 und am 15. Oktober 2007.

Sorten unterschiedlicher Herkünfte wurden in Reinsaat (85 Korn/m²) und die Sorte EFB 33 in Reinsaat sowie im Gemenge (bei 20 und 40 Korn/m²) mit Winterweizen (150 Korn/m²) bzw. Wintertriticale (120 Korn/m²) vergleichend beurteilt.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Wintern (2006/07, 2007/08) kam es aufgrund des milden Witterungsverlaufes zu keinen Auswinterungsschäden und daher war auch eine Beurteilung bezüglich einer unterschiedlichen Kältefestigkeit der Sorten nicht möglich. Die Kornerträge des Sortenversuches in Reinsaat zeigt Abbildung 1.

Die Sorten Cheyenne, Colorado und Lucy sind Halbblatttypen, alle anderen sind Blatttypen. Die Halbblatttypen erzielten mit 2300 kg/ha und 1900 kg/ha die höchsten Erträge (Abb. 1). Die Sorte Colorado war nur in 2 Wiederholungen vertreten und konnte nicht in die statistische Auswertung mit einbezogen werden. Unter den Blatttypen erreichte der Stamm aus den USA mit 500 kg/ha den höchsten Kornertrag. Die Blatttypen erreichten Pflanzenlängen von 130 bis 170 cm. Dies führte zu einer starken Lagerneigung, die sich auf den Ertrag auswirkte. Außerdem blühten die Blatttypen und die Sorte Colorado erst etwa 2 Wochen nach den Sorten Cheyenne und Lucy. Im Weiteren wurden diese Sorten von Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*) und Erbsenwickler (*Cydia nigricana*) stärker geschädigt.

Bio Forschung Austria, Rinnböckstraße 15, 1110 Wien

* Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

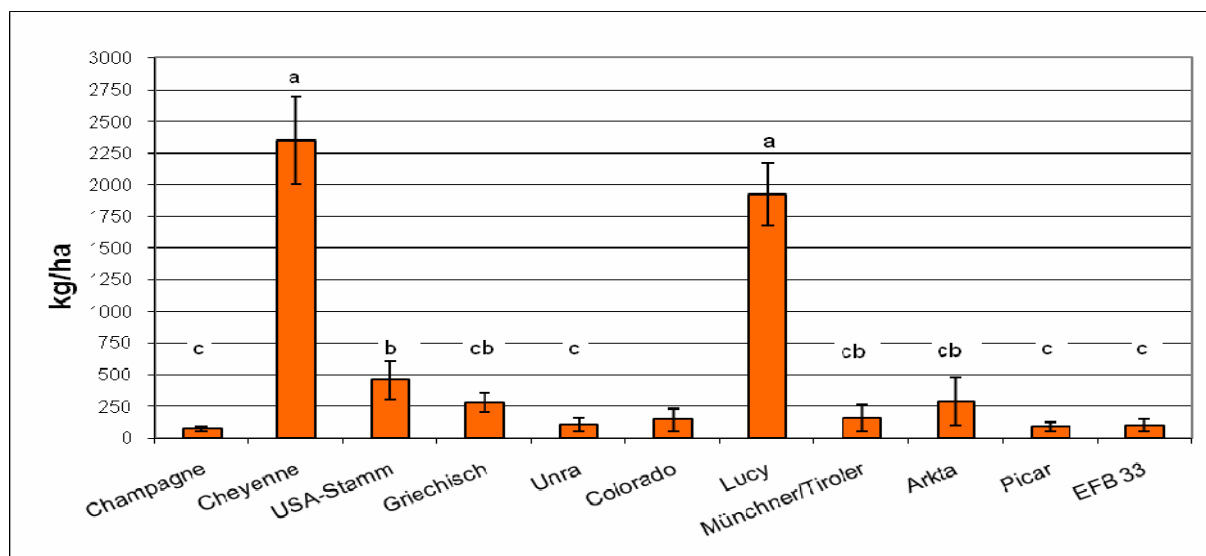


Abb. 2: WE Korneertrag (kg/ha) bei 14 % Wassergehalt im Sortenvergleich bei Reinsaat [MW, STABW; unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, $p=0,05$; Varianzhomogenität durch Transformation]

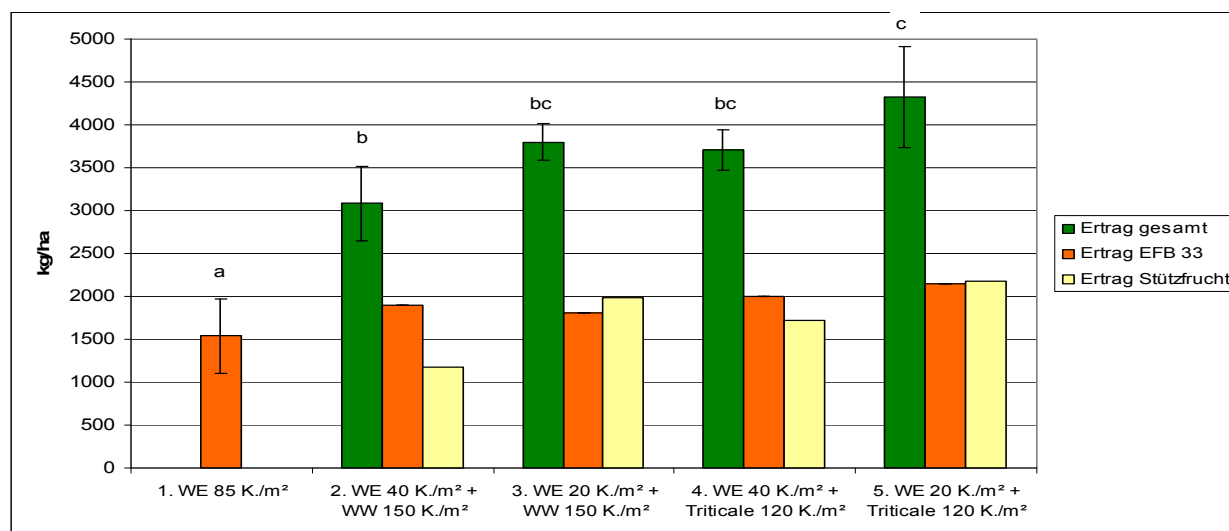


Abb. 3: Korneertrag (kg/ha) 2007 bei 14 % Wassergehalt WE EFB 33 in Reinsaat und Gemenge mit WW und T [3 WH, MW, STABW, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, $p=0,05$]

Die Wintererbse EFB 33 erzielte in Reinsaat einen Ertrag von 1500 kg/ha und von 1800 bis 2100 kg/ha im Gemenge mit Winterweizen (WW) bzw. Triticale (T). Der Weizen im Gemenge ergab 1300 kg/ha (40 Korn Erbse/m²) bzw. 2000 kg/ha (20 Korn Erbse/m²) und bei Triticale wurden 1700 kg/ha bzw. 2100 kg/ha geerntet. Das Getreide im Gemenge diente überwiegend als Stützfrucht und daher war, wie die Ergebnisse zeigen (Abb. 2), eine niedrigere Saatstärke bei Getreide – zur Erreichung eines höheren Erbsen-Korneertrages – vorteilhaft. Ein Anbau der Blatttypen für eine Kornnutzung in Reinsaat war nicht erfolgreich. Aufgrund der unterschiedlichen Erträge im Sortenvergleich (Abb.1) sind zur Optimierung der Sortenwahl und der Saatstärke bei den Gemengepartnern weitere Versuche erforderlich.

Literatur

Graß, R.; C. Schüler und P. Urbatzka, P. 2004: Die Wiederentdeckung der Wintererbse, Bioland 4: 12.
 Urbatzka, P. 2002: Screening verschiedener Herkünfte von Wintererbsen. Diplomarbeit Witzenhausen: 25.

Trockenmassebildung und Kornertrag von Kichererbsen (*Cicer arietinum*) im Vergleich zu Körnererbsen (*Pisum sativum*)

Daniela M. Gimplinger, Stefan Wichmann, Helmut Wagentrisl, Hans-Peter Kaul

Einleitung

Die Kichererbse ist eine wärmeliebende, trockenheitsresistente Kulturpflanze, die in Jahren mit sehr trockener Witterung Ertragsvorteile erwarten lässt. Um den Trockenmassebildungsverlauf und das Ertragspotential von Kichererbsen im pannonischen Klimagebiet mit den Leistungen von Körnererbsen vergleichen zu können, wurde daher ein zweijähriger Feldversuch durchgeführt.

Material und Methoden

Mit zwei Kichererbsengenotypen („Hirschhofer“: Handelsware, Kabuli-Typ; „Bordö“: Firma KFR, Kompolt, Ungarn, Desi-Typ) und zwei gängigen Körnererbsensorten wurde in Raasdorf im östlichen Niederösterreich (572 mm, 9,8°C) ein Feldversuch (Blockanlage, zwei Wiederholungen) durchgeführt. Als weiterer (hier nicht dargestellter) Faktor wurde die Düngung der Bestände variiert (0, 100, 200 kg N ha⁻¹ in Form von Kalkammonsalpeter bzw. eines Depotdüngers). Die Saat erfolgte am 14. April 2006 bzw. am 11. April 2007. Durch Handernte wurde an mehreren Terminen die Biomasse bestimmt. Zur Bestimmung des Kornertrages wurden von Hand geerntete Pflanzen mit Hilfe eines Parzellenmähdreschers im Stand gedroschen. In beiden Arten traten sowohl 2006 als auch 2007 *Aschochyta*-Brennflecken auf.

Ergebnisse und Diskussion

Der Kornertrag von Leguminosen wird stark durch die Niederschlagsverhältnisse beeinflusst (Miller et al., 2002). Im Jahr 2006, das sich durch hohe Niederschläge im April und Mai auszeichnete, war die Körnererbse der Kichererbse im Kornertrag deutlich überlegen und erreichte beinahe das doppelte Ertragsniveau der Kichererbse (Tab. 1). Das Jahr 2007 dagegen war geprägt durch fehlende Niederschläge von Ende März bis Anfang Mai sowie durch höhere Temperaturen im Vergleich zum langjährigen Mittel. Unter diesen Bedingungen wurden mit Kichererbse deutlich höhere Kornerträge erzielt als mit Körnererbse (Tab. 2). Zwischen den Genotypen innerhalb der Art konnten in beiden Jahren keine Unterschiede festgestellt werden.

Aus Abb. 1 wird klar, dass die beiden Leguminosenarten während der Jugendentwicklung zunächst ähnliche Biomasseniveaus erreichen. Im Laufe der Entwicklung bildet aber die Körnererbse beträchtlich höhere Biomasseerträge pro Fläche, vor allem bei ausreichender Niederschlagsversorgung: Nach dem niederschlagsreichen Frühjahr 2006 zeigte die Körnererbse beim letzten Erntetermin deutlich höhere Biomasseerträge als die Kichererbse. Die trockenen Bedingungen im Jahr 2007 dagegen bewirkten, dass die Körnererbsengenotypen beim letzten Erntetermin die Biomasseerträge der Kichererbsengenotypen nicht übertrafen.

Der Ernteindex der Körnererbse war im Jahr 2006 deutlich höher als der Ernteindex der Kichererbse. Im Trockenjahr 2007 konnte aber die Kichererbse deutlich mehr Biomasse in Kornmasse umsetzen. Besonders der Kichererbsengenotyp „Bordö“, der 2007 den höchsten Kornertrag erzielte, erreichte einen hohen Ernteindex.

Zusammenfassend zeigte die Körnererbse auf dem Standort in Ostösterreich bei ausreichender Wasserversorgung ein deutlich höheres Kornertragspotential als die Kichererbse. Bei ausgeprägter Frühjahrstrockenheit aber war die Kichererbse der Körnererbse überlegen.

Tab. 1: Kornertrag, Biomasseertrag (letzter Erntetermin pro Art) und Ernteindex im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Leguminosenart und vom Genotyp innerhalb der Art (Mittelwerte über fünf Düngungsstufen)

Art	Korn- ertrag (dt ha ⁻¹)	Bio- masse (dt ha ⁻¹)	Ernte- index (%)	Genotyp	Korn- ertrag (dt ha ⁻¹)	Bio- masse (dt ha ⁻¹)	Ernte- index (%)
Kicher- erbse	23,5	98,2	24,2	Hirschhofer	24,3	99,9	24,5
				Bordö	22,7	96,5	23,9
Körner- erbse	46,5	164,2	29,1	Attika	44,3	168,4	27,2
				Rosalie	48,7	159,9	30,9
<i>Lsd</i> ¹⁾ _{0,05}	4,1	18,3	4,0		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹⁾*Lsd* = Least significant difference

Tab. 2: Kornertrag, Biomasseertrag (letzter Erntetermin pro Art) und Ernteindex im Jahr 2007 in Abhängigkeit von der Leguminosenart und vom Genotyp innerhalb der Art (Mittelwerte über fünf Düngungsstufen)

Art	Korn- ertrag (dt ha ⁻¹)	Bio- masse (dt ha ⁻¹)	Ernte- index (%)	Genotyp	Korn- ertrag (dt ha ⁻¹)	Bio- masse (dt ha ⁻¹)	Ernte- index (%)
Kicher- erbse	24,6	70,0	35,8	Hirschhofer	21,5	72,0	29,6
				Bordö	27,7	69,0	42,0
Körner- erbse	19,1	82,0	23,6	Attika	19,0	85,6	22,5
				Rosalie	19,3	78,4	24,6
<i>Lsd</i> ¹⁾ _{0,05}	4,0	<i>n.s.</i>	5,0		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	7,1

¹⁾*Lsd* = Least significant difference

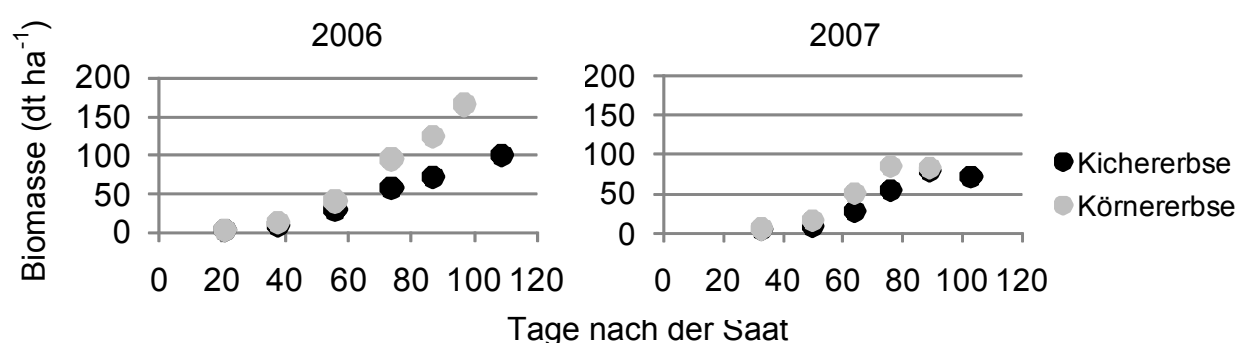


Abb. 1: Verlauf der Trockenmassebildung von Kicher- und Körnererbse (Mittel über Genotypen) in den Jahren 2006 und 2007

Literatur

Miller, P.R.; B.G. McConkey; G.W. Clayton; S.A. Brandt; J.A. Staricka; A.M. Johnston; G.P. Lafond; B.G. Schatz; D.D. Baltensperger und K.E. Neill 2002: Pulse Crop Adaption in the Northern Great Plains. Agron. J. 94: 261-272.

Einfluss von Stickstoff- und Kaliumdüngung auf Ertrag und symbiotische N₂- Fixierung der Blauen Lupine (*Lupinus angustifolius* L.) im Feldparzellenversuch

Anne-Kathrin Klamroth & Wolfgang Merbach

Einleitung

Obwohl die Blaue Lupine mehr als 90% der Lupinenanbaufläche in Deutschland einnimmt, liegen zur Ertragsphysiologie, Nährstoffverwertung und symbiotischen Stickstofffixierung dieser Pflanze für mitteleuropäische Bedingungen bisher kaum Untersuchungen vor (Schulze et al. 1999). In vorgegangenen Publikationen wurden hierzu erste Ergebnisse aus Gefäßversuchen mitgeteilt (Merbach et al. 2008 a, b). Der vorliegende Beitrag stellt einige Resultate eines Feldparzellenversuches vor.

Material und Methoden

Versuchsstandort war das nach seinem Begründer benannte Julius- Kühn- Feld des Instituts für Agrar- und Ernährungswissenschaften am Nordostrand von Halle (Saale). Er gehört zum mitteldeutschen Trockengebiet mit mittleren Niederschlägen von etwa 480 mm/ Jahr und mittleren Jahrestemperaturen von 9,2° C. Der Boden ist eine lessivierte Schwarzerde (nach FAO Haplic Phaeozem), die aus einem sandhaltigen Löss hervorgegangen ist. Eigene Beprobungen ergaben einen pH von 5,3 im CaCl₂- Extrakt sowie DL- lösliche P- bzw. K- Gehalte von 9,1 mg P bzw. 7,1 mg K /100 g Boden. Eine detaillierte Beschreibung des Standortes findet sich bei Merbach und Deubel (2007).

Als Versuchspflanze diente die endständige Lupinensorte „Haags Blaue“. Die Aussaatmenge betrug 235 kg/ha, die Parzellengröße 21 m² (4 Wiederholungen). Prüffaktoren waren die N-Düngung (ohne, 40 kg N/ha zur Saat, 40 kg N/ha zur Blüte) und die K-Düngung (80 kg K/ha als K₂SO₄). Die N- Düngung erfolgte als ¹⁵N-markiertes Ammoniumsulfat (1,3 at-% ¹⁵N exc.), um den durch die Pflanzen aufgenommenen düngerbürtigen N von dem aus anderen Quellen stammenden N unterscheiden zu können. Der bodenbürtige N wurde in Referenzparzellen ohne N-Düngung ermittelt, denen eine sehr kleine N- Menge mit hoher ¹⁵N-Abundanz (96 % ¹⁵N exc.) zugesetzt worden war. Die Ernten erfolgten zur Blüte und zur Reife. Das Pflanzenmaterial wurde in Wurzeln, Sprosse, Hülsen und Körner aufgetrennt, getrocknet, gemahlen und auf N (C/N-Analysator) und ¹⁵N (Emissionsspektrometer) untersucht. In den Boden- N- Fraktionen (Ammonium- u. Nitrat-N) wurde die ¹⁵N-Abundanz mittels SPINMAS (**S**ample **p**reparation of **i**norganic **n**itrogen) mit gekoppeltem Quadropol-**M**assenspektrometer (Stange et al. 2007) analysiert. Die Menge des symbiotisch gebundenen N wurde aus dem Gesamtpflanzen- N durch Subtraktion des dünger-, samen-, boden- und depositionsbürtigen N errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Lupinus angustifolius L. (var. „Haags Blaue“) fixierte zwischen Blüte und Reife beträchtliche Mengen an Luftstickstoff und ähnelte damit der Gelblupine (Merbach 1983). In dieser Zeit wurden starke Zunahmen der Trockenmasse und N-Menge beobachtet. Die Kaliumgabe stimulierte die Dünger- N- Aufnahme, aber beeinflusste den Ertrag und die Stickstoffbindung nur in Gegenwart einer N- Düngung zur Saat.

Mineral- N zur Saat verminderte in begrenztem Umfang (ca. 10 %) die symbiontische N₂-Fixierung und auch den Trockenmasse- und N- Ertrag, wenn die K-Gabe unterblieb. K-Zufuhr vermochte diesen Effekt des Saat-N zu kompensieren. Mineral-N zur Blüte stimulierte Trockenmasseproduktion, N-Aufnahme und N₂-Fixierung geringfügig. Im Unterschied zu anderen Leguminosenarten (Merbach und Schilling 1980) war die Symbiose dieser Blaulupinensorte weitgehend Mineral-N-tolerant. Damit werden frühere Gefäßversuchsergebnisse mit „Boruta“ bestätigt (Merbach et al. 2008a). Die Blaue Lupine benötigt ähnlich wie Gelblupine und Ackerbohne (Merbach und Schilling 1980) zur Ertragspotentialausschöpfung weder eine Start-N-Gabe noch eine Spät-N-Düngung zur Blüte.

Literatur

- Merbach, W, 1983: Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Ertragsbildung von Weiß- und Gelblupinen. Saat- u. Pflanzgut 24: 171-172.
- Merbach, W. and A. Deubel 2007: The long-term fertilization trials in Halle (Saale), Germany. – A tool for sustainable and environmentally land management. Teubner Research, Dt. Universitäts-Verlag/ GVW- Fachverlage Wiesbaden, pp. 1-21.
- Merbach, W. und G. Schilling 1980: Wirksamkeit der symbiontischen N₂- Fixierung der Körnerleguminosen in Abhängigkeit von Rhizobienimpfung, Substrat, N- Düngung und ¹⁴C- Saccharoselieferung. Zentralbl. Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten u. Hygiene Abt. II 135: 99-135.
- Merbach, W.; F. Danz; H. Beschow; A. Deubel; W. Gans and S. Ruppel 2008a: Effect of nitrogen and Rhizobium inoculation on yield and biological N₂ fixation of blue lupins. In: J.A. Palta and J.B. Berger (eds): Lupins in Health and Wealth. Proc. 12th Intern. Lupine Conf. Fremantle, Western Australia, pp. 391-396 (ISBN 0-86476-153-8).
- Merbach, W.; F. Danz; H. Beschow und W. Gans 2008b: Symbiontische Luftstickstoffbindung und Ertrag von Blauen Lupinen (*Lupinus angustifolius* L.) in Abhängigkeit von Rhizobienimpfung und Mineraldüngung. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 20: 49-50.
- Schulze, J.; H. Beschow and W. Merbach 1999: The effect of ¹⁵NH₄¹⁵NO₃ fertilization on growth and nitrogen fixation of white and blue lupins. Isotopes Environm. Health Stud. 35: 85-95.
- Stange, C.F.; O. Spott; B. Apelt and R.W.B. Russow 2007: Automated and rapid determination of ¹⁵N abundance and concentration of ammonium, nitrite, or nitrate in aqueous samples by the SPINMAS technique. Isotopes Environm. Health Stud. 43: 227-236.

Improving maize and Chinese cabbage intercropping systems in Northern China

Til Feike, Qing Chen*, Judith Pfenning**, Simone Graeff-Hönninger
& Wilhelm Claupein*

Introduction

Due to highly intensive agricultural production land and water resources are continuously degrading in the North China Plain endangering future food security. The rapid increase of vegetable production aggravates this trend, as vegetables demand significantly higher inputs in terms of water, fertilizer and plant protection. There is an urgent need to develop and disseminate more sustainable vegetable production systems in the region. Intercropping, the cultivation of two or more crops in the same field is a traditional system in the North China Plain. Farmers intercrop various vegetables with grain crops, trees and other vegetables. Several studies showed that intercropping can use environmental resources more efficiently and reduce leaching and erosion (Whitmore, 2007; Liebman, 2000; Zhang and Long, 2003).

Material and methods

In a seven to seven meter strip intercropping field trial with maize and Chinese cabbage, we tested the influence of the neighboring crop on growth and development. Two irrigation strategies “farmers’ practice” and “farmers’ practice minus 20%” were additionally tested. A randomized block design with four replications was used. The rows were oriented in north-south direction. The measurements were conducted in certain distances from the boarder of the two crops. The rows next to the neighboring crop were exposed to a real intercropping situation, whereas the rows in the middle of each strip were exposed to a monocropping situation. Various growth parameters, like plant height, leaf area index, dry matter of all above ground plant parts and growth stages were measured continuously over the growing season. Additionally solar radiation and soil temperature were measured to determine the effects on microclimate in the system. Two sets of Chinese cabbage, one in spring and one in autumn were grown next to spring maize. The experiment was run at Quzhou experimental station, China in 2008 and continued in 2009.

Results and discussion

Reducing the irrigation amount by 20% had no significant effect on yield of spring maize and autumn Chinese cabbage. However, it had a significantly negative effect on the yield of spring Chinese cabbage. As precipitation during the winter months is hardly occurring in the region, sufficient irrigation previous to planting vegetables in early spring has to be recommended. Even though maize reduced solar radiation in the first rows of the autumn Chinese cabbage by 30%, these rows produced a higher yield. The intercropped maize was significantly smaller and had less leaf and stem dry matter. However, due to a significantly higher harvest index, the plants in the first four rows over yielded the monocropped maize (Fig. 1).

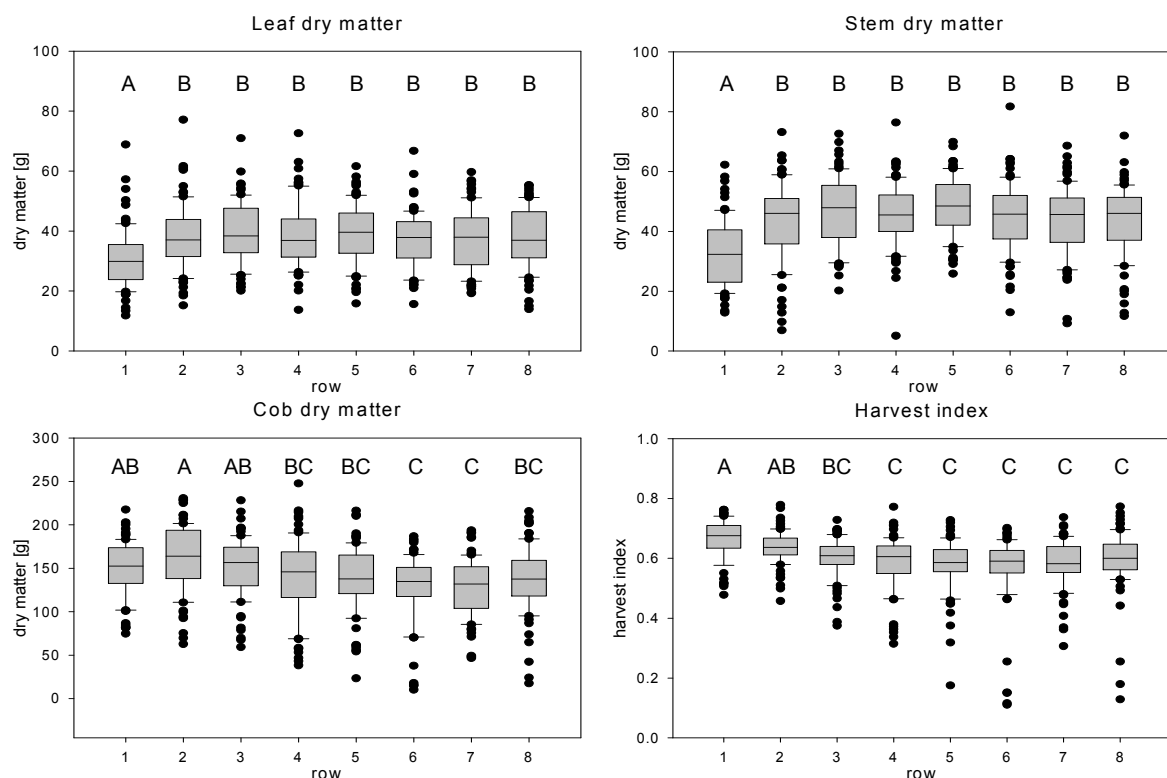


Fig. 1: Leaf, stem and cob dry matter per plant and harvest index of spring maize at final harvest. Row one standing next to Chinese cabbage (intercropping); row six and seven are located in the centre of each plot (monocropping).

The intercropped rows of both crops did not generate a better yield under lower irrigation compared to the monocropped rows, and thus a higher water-use-efficiency could not be observed. Looking at the whole system of two sets of Chinese cabbage next to spring maize, the first two rows of maize and Chinese cabbage produced a land equivalent ratio of 1.07, rows three and four even of 1.09 (Tab. 1).

Table 1: Land equivalent ratios of spring maize (SM), spring Chinese cabbage (SCC), autumn Chinese cabbage (ACC) and the whole intercropping system (LER).

Row	SM	SCC	ACC	LER
1 & 2	1.24	0.91	1.05	1.07
3 & 4	1.14	1.01	1.1	1.09
5 & 8	1.08	1.02	0.95	1.02
6 & 7 (monocr)	1	1	1	1

It could be shown that this system generates significantly higher yields compared to monocropping. Higher yields make the only convincing argument for farmers to practice intercropping and moreover enhance a further dissemination of the system.

References

- Liebman, M. and A.S. Davis 2000: Integration of soil, crop and weed management in low external-input farming systems. *Weed Research* 40: 27-47.
- Whitmore, A.P. and J.J. Schröder. 2007: Intercropping reduces nitrate leaching from under field crops without loss of yield - A modelling study. *Europ. J. Agronomy* 27: 81-88.
- Zhang, F. and L. Li. 2003: Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant and Soil* 248: 305-312.

Einsatz von Chitosan bei Kartoffeln (Sorte: Agria) im Feld und Lager in Kombination mit Akrobat und Shirlan

Waed Almohamad, Lisa Dittmann & Dettlof Köppen

Einleitung

Phytophthora infestans verursacht in Jahren mit günstigen Infektionsbedingungen besonders im ökologischen Landbau hohe Ertragsverluste. Der alleinige Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln stellt bisher noch keine überzeugende Alternative zu chemischen Schutzmitteln dar. Deshalb soll untersucht werden, ob ein Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln (Chitosan) zur Reduktion der Aufwandmenge und Anwendungshäufigkeit chemischer Pflanzenschutzmittel (Akrobat; Shirlan) beitragen kann.

Material und Methoden

Im Jahre 2008 wurde am Institut für Landnutzung der Universität Rostock ein Parzellenversuch (zweifaktorielle Spaltanlage; vier Wiederholungen) mit der Kartoffelsorte Agria angelegt. Die untersuchten Varianten waren verschiedene Anwendungshäufigkeiten der chemischen Bekämpfung (Akrobat [AP], Shirlan [S]) in Kombination mit einem Pflanzenstärkungsmittel auf der Basis von löslichem Chitosan (Chito Plant). **Faktor A:** Pflanzgutvorbehandlung (**a1:** Kontrolle; **a2:** Chitosan 1 g/l); **Faktor B:** Spritzmittelbehandlung Blatt (**b1:** Kontrolle; **b2:** 8-mal Chitosan [CBB] in Abständen von einer Woche; **b3:** 2-mal AP 2 kg/ha am 10.06 und am 24.06.; **b4:** 2-mal AP und 4 mal CBB; **b5:** 2-mal AP und 4-mal S 0,4 l/ha in Abständen von einer Woche ; **b6:** 2-mal AP, 3-mal S und 1-mal CBB; **b7:** 2-mal AP, 2-mal S und 2-mal CBB; **b8:** 2-mal AP, 1-mal S und 3-mal SBB. Nach der Ernte wurde Chitosan an den eingelagerten Knollen bei einigen Varianten eingesetzt. Die eingelagerten Knollen werden im folgenden Jahr erneut angebaut, um die Nachbauqualität in Kombination mit einer Chitosanbehandlung im Feld zu prüfen. **Prüfmerkmale:** Krautfäulebefall, Schorfbefall, Knollenertrag , Frisch und- Trockenmasse des Krautes, Lagereigenschaften (Lagerfäulen, Wasserverlust), Stärkegehalt der Knollen, Nährstoffgehalte des Krautes (P, N , Mg , K , Ca) und Nachbauqualität.

Ergebnisse und Diskussion

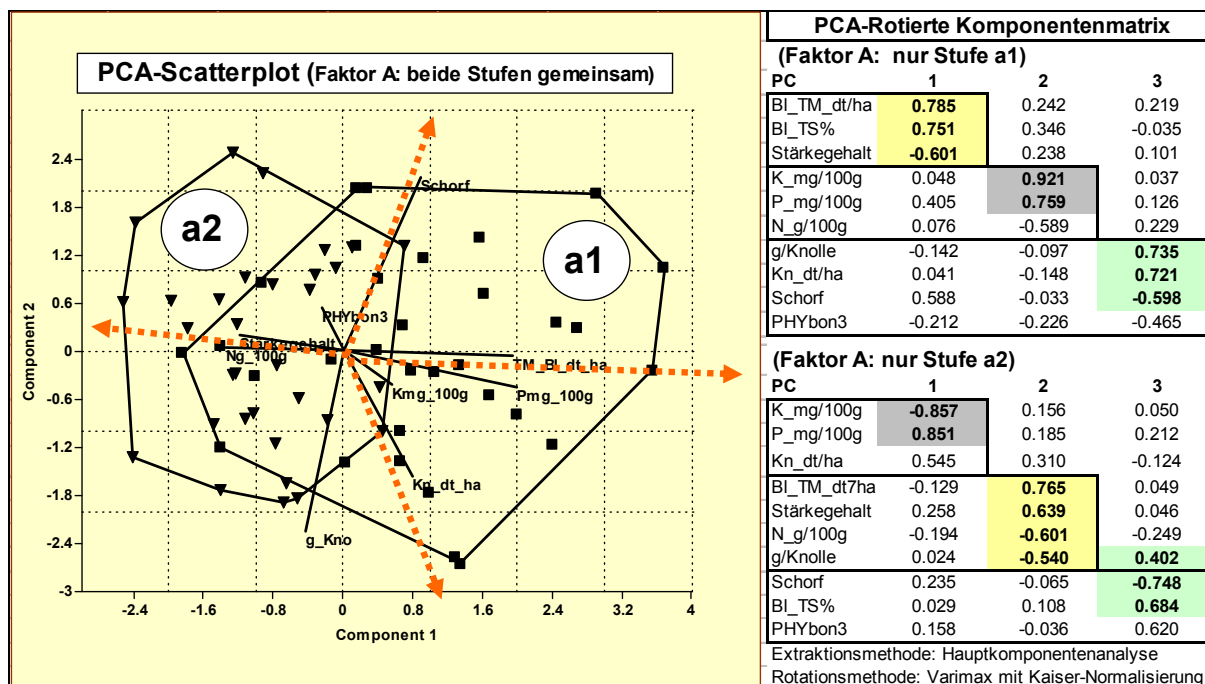
Im Versuchsjahr 2008 gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen allen Spritzvarianten (Faktor B). Die Pflanzgutvorbehandlung mit Chitosan hingegen führte bei den a2-Varianten zu geringerem Krautwachstum und somit zu signifikanten Unterschieden bei der Frisch- und Trockenmasse sowie beim P-Gehalt des Blattes, aber nicht bei dem Phytophthorabefall und dem Ertrag (Tab.1). Der Stärkegehalt der Knollen war höher, aber es gab keinen signifikanten Einfluss auf den Knollenertrag. Es konnten auch keine signifikanten Unterschiede beim Schorfbefall und bei den Lagereigenschaften nachgewiesen werden. Um dennoch vielfältige und wechselseitige Einflüsse auf wesentliche Prüfmerkmale näher betrachten zu können, wurde mit Hilfe multivariater Analyseverfahren (Hauptkomponentenmethode in PAST [Hammer 2001] und SPSS) der Effekt der Pflanzgutvorbehandlung mit Chitosan in Abb.1 veranschaulicht. Die 0-1-standardisierten Messwerte aller 64 Varianten (Punkte im Biplot) machen die Unterschiede zwischen den Stufen a1 und a2 des Faktors A deutlich – nachweislich auch über den Vergleich der Faktorladungen im rechten Teil der Abb.1. Bei getrennter Analyse erklären jeweils drei

Hauptkomponenten (PC1 bis PC3) Unterschiede, die durch Varianten des Faktors B verursacht wurden. Detaillierte Aussagen zu diesem Analysenteil werden im Poster der Tagung selbst gemacht. Da bisher erst einjährige Untersuchungen abgeschlossen sind und der spät einsetzende Befall mit Phytophthora im Jahre 2008 nur zu geringen Effekten zwischen den Varianten führte, wird besonderes Augenmerk auf die Diskussion der Methoden gelegt.

Tab.1: Mittelwertvergleich mit Tukey-Test (Faktor B) und F-Test bezüglich Faktor A

Faktor A	Faktor B	n	Kartoffelknollen				Kartoffelblatt					
			Ertrag dt/ha	Stärke-Geh.			TM dt/ha	TS%	Phy-topht.% Bon 3	P-Geh. mg/100g	K-Geh. mg/100g	N-Geh. g/100g
				g/ Knolle	%	Schorf						
a1 ohne Vorbe- hand- lung	Kontrolle	4	298.5	55.1	15.6	1.5	10.7	13.3	63.9	200.0	1744	3.39
	8CBB	4	273.1	40.7	15.9	1.9	16.5	14.5	62.4	230.7	2361	3.34
	2AP	4	260.1	39.9	15.8	1.4	10.8	14.0	57.9	210.8	2225	3.23
	2AP+4CBB	4	294.1	38.6	15.8	1.3	12.8	14.4	53.8	226.2	2429	3.26
	2AP+4S	4	271.5	39.5	15.2	1.5	12.7	14.5	54.5	222.6	2175	3.29
	2AP+3S+1CBB	4	286.2	39.0	15.5	1.6	15.0	15.2	57.6	227.1	2218	3.14
	2AP+2S+2CBB	4	278.4	37.5	14.1	1.9	17.6	14.8	62.2	223.5	2133	3.24
	2AP+1S+3CBB	4	273.0	57.7	15.4	1.6	10.3	13.2	60.9	203.6	2135	3.18
a2 mit Vorbe- hand- lung	Kontrolle	4	257.4	53.9	17.2	1.2	10.8	14.6	54.2	207.2	2418	3.23
	8CBB	4	260.8	58.9	17.2	1.5	8.9	14.8	59.9	206.3	2072	3.35
	2AP	4	271.3	54.0	16.2	1.3	11.7	14.7	52.3	200.0	2299	3.26
	2AP+4CBB	4	234.8	65.5	16.8	1.2	8.4	14.9	61.5	195.5	2156	3.40
	2AP+4S	4	252.5	68.9	15.5	1.7	8.6	13.9	39.3	196.4	2533	3.37
	2AP+3S+1CBB	4	217.9	56.2	16.7	1.4	8.4	14.7	52.6	202.7	2300	3.23
	2AP+2S+2CBB	4	306.9	46.8	16.8	1.4	9.2	14.6	55.4	226.2	1781	3.24
	2AP+1S+3CBB	4	255.8	54.5	17.2	1.6	10.4	14.8	61.5	204.5	2209	3.24
a1		32	279,4 a	84,2 a	15,4 a	1,6 a	13,3 b	14,2a	59,2 a	218,0 b	2177,3 a	3,5 a
a2		32	257,2 a	85,3 a	16,8 b	1,4 a	9,5 a	14,6 a	54,6 a	204,9 a	2220,9 a	3,3 a

Abb. 1: Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse



Effekte der Blattdüngung mit Nutri-Phite® auf Ertrag und Qualität von Zuckerrübensorten

Jorita Krieger, Frank Ellmer, Michael Baumecker & Heiko Vogel

Einleitung

Nutri-Phite® Magnum S ist ein multifunktionales Blattdüngemittel, welches Wachstum, Ertrag und Qualität von Nutzpflanzen fördern soll. Dabei steht das Wurzelwachstum im Mittelpunkt. Darüber hinaus sollen die Nährstoffaufnahme sowie die Vitalität und Widerstandsfähigkeit der Pflanzen positiv beeinflusst werden. Dieser phosphorbetonte Flüssigdünger enthält Phosphor in Form von Phosphit (PO_3), welches besonders gut über das Blatt aufgenommen werden kann (Ouimette und Coffey, 1989). Bei Winterraps wurden damit Mehrerträge von durchschnittlich 4 % erreicht (Bremer 2007).

Zur Ermittlung der Wirksamkeit dieses Blattdüngers bei Zuckerrüben wurden im Jahr 2008 Feldversuche in der Region Berlin-Brandenburg auf drei verschiedenen Standorten durchgeführt.

Material und Methoden

Die Versuchsstandorte Berlin-Dahlem, Berge und Thyrow repräsentieren die sandigen Ackerbaugebiete des nordostdeutschen Tieflandes und umfassen schwach schluffige bis anlehmgige Sandböden. Im Feldversuch (dreifaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen) wurden drei Sorten mit drei N-Düngestufen ohne und mit Blattdüngung geprüft. Dazu sind folgende Prüfmerkmale bestimmt worden: Blattflächenindex (LAI 2000), Blattgrün (Yara N-Tester) (beides wöchentlich von Juni bis September 2008), Ertrag und technische Qualität (Labor Fa. Syngenta Seeds, Bad Salzuflen). Zur biometrischen Datenauswertung wurde die Statistiksoftware SAS verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Entwicklung der Pflanzenbestände war am Standort Berlin-Dahlem unterschiedlich durch die Blattdüngung geprägt. Während bei *Ruveta* und *Sporta* der Blattflächenindex von der Blattdüngung nicht gefördert wurde, erreichte *Klarina* sowohl in der ungedüngten Kontrolle als auch mit $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ zeitweise höhere Werte als in der gleichen Variante ohne Blattdüngung (Abb. 1). Der Einfluss des Blattdüngers war zwar nicht signifikant, dennoch konnten sortenspezifische Effekte festgestellt werden. Die Entwicklung des Blattgrüns war demgegenüber unabhängig von der Blattdüngung.

Auf allen drei Standorten wurden sorten- und stickstoffbedingte Unterschiede im Rübenenertrag, Zuckergehalt und in der technischen Qualität festgestellt. In Berlin-Dahlem erreichten die Sorten *Ruveta* und *Sporta* in den hoch mit N gedüngten Varianten signifikante Mehrerträge. Die Blattdüngung hatte sowohl fördernde als auch hemmende Effekte auf die Prüfmerkmale (Tab. 1). Für die Sorten *Ruveta* ($120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$) und *Klarina* (Kontrolle) wurden sowohl in Berlin-Dahlem als auch in Berge Steigerungen im Rübenenertrag und im Bereinigten Zuckerertrag ermittelt. Im Gegensatz dazu lagen die Erträge der Sorte *Sporta* in den Varianten mit Blattdüngung stets um ca. 2 – 8 % unter denen der Varianten ohne Blattdüngung. Dieser

Effekt verstärkte sich mit steigender N-Stufe auf beiden Standorten. *Klarina* reagierte stärker als *Ruveta* und *Sporta* auf die Blattdüngung. Sie war die einzige Sorte, für welche auf allen drei Standorten Mehrerträge ermittelt werden konnten.

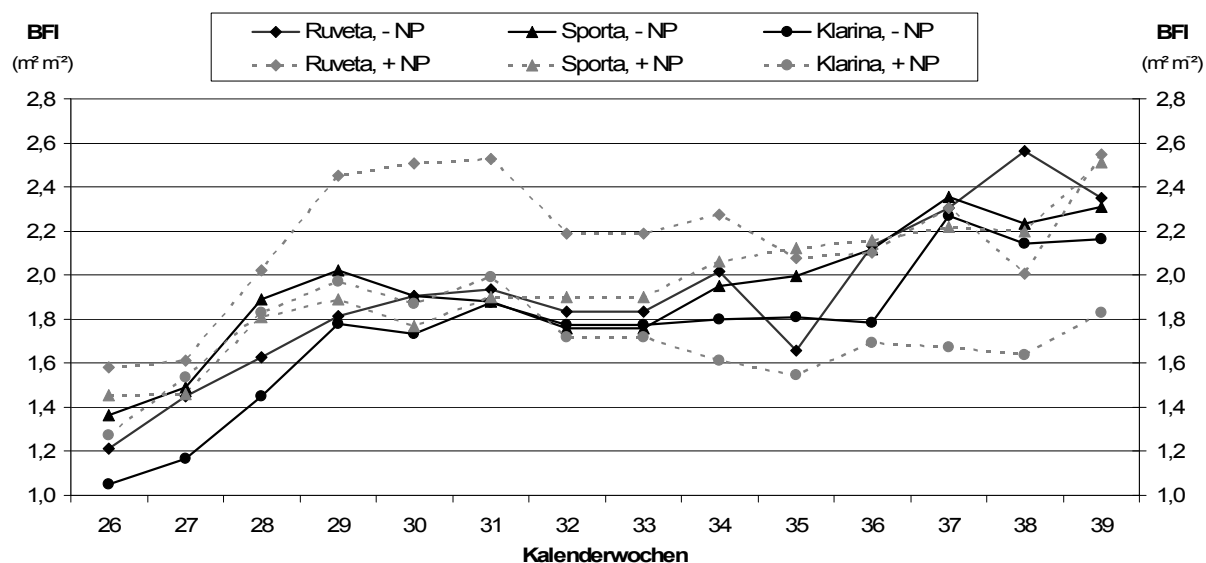


Abb. 1: Entwicklung des Blattflächenindex (BFI) in Berlin-Dahlem in Abhängigkeit von Sorte und Blattdüngung; (N-Stufe = 80 kg ha⁻¹, NP = Nutri-Phite®)
- NP = ohne Nutri-Phite; + NP = mit Nutri-Phite

Tab. 1: Einfluss von Nutri-Phite® auf Rübenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV) und Bereinigten Zuckerertrag (BZE); Relativwerte; Basiswert = Variante ohne Nutri-Phite®

Sorten	N-Düngung (in kg ha ⁻¹)	Standorte											
		Thyrow ¹⁾				Berlin-Dahlem				Berge			
		RE	ZG	SMV	BZE	RE	ZG	SMV	BZE	RE	ZG	SMV	BZE
Ruveta*	0	-1,7	0,1	0	-2,8	-3,1	-0,3	-0,1	-2,3	-1,9	-0,3	0	-3,1
	80	-0,2	-0,2	0,1	0,9	-1,7	-0,4	-0,1	1,1	-6,8	0	0	-6,6
	120	-3,8	0,2	0	-5,7	2,2	0	0	2,1	3,3	-0,1	-0,1	3,2
Sporta	0	4,2	0,1	0	0,9	-2,1	0,4	-0,1	-3,4	-1,9	-0,2	-0,1	-2,3
	80	-1,5	-0,1	0	-0,8	-6,2	-0,2	0	-3,4	-4,9	0,1	-0,1	-3,0
	120	1,4	0	0,1	5,7	-7,2	0	0	-7,9	-6,2	0	-0,1	-5,3
Klarina	0	1,4	-0,2	0,1	-5,7	3,0	0,2	0	2,2	4,8	-0,1	0	4,4
	80	4,4	-0,2	0	1,6	-0,5	0	0	0	-2,5	-0,1	0,1	-3,4
	120	2,4	0	0,1	1,6	2,9	-0,1	-0,1	3,4	-6,1	0,2	0,1	-4,9
	LSD 5 %	5,20	0,39	0,05	0,97	6,17	0,50	0,08	1,07	0,51	7,45	0,14	1,07
	*LSD 5 %					6,69	0,54	0,09	1,16				

¹⁾Mit 102 mm Zusatzberegnung

Literatur

- Bremer, H. 2007: Phosphor übers Blatt. Neue Landwirtschaft, 11: 68.
 Ouimette, D.C. und M. Coffey 1989: Phosphonate levels in avocado (*Persea americana*) seedlings and soil following treatment with fosetyl-Al or potassium phosphonate. Plant Dis. 73: 212-215.

Nährstoffrecycling – Ein Beitrag zum nachhaltigen Anbau von Energiepflanzen

Bettina Eichler-Löbermann, Katja Schiemenz & Silvia Bachmann

Einleitung

Bioenergie kann nur dann als erneuerbarer Energieträger bezeichnet werden, wenn die dafür benötigte Biomasse nachhaltig erzeugt wird. Dabei sind ökologische, ökonomische und soziale Aspekte zu berücksichtigen. Nachdem die Bioenergie zunächst ausschließlich als ökologisch vorteilhaft galt, mehren sich die Stimmen, die insbesondere im Zusammenhang mit dem großflächigen Anbau von Energiepflanzen auch vor negativen Auswirkungen warnen. Vor diesem Hintergrund arbeiten mehrere Arbeitsgruppen/Institutionen weltweit an der Ausarbeitung von Nachhaltigkeitskriterien sowie an deren Zertifizierung.

Der Pflanzenbau kann durch die Entwicklung angepasster Anbausysteme insbesondere zum Schutz der Boden- und Wasserressourcen beitragen. In dem folgenden Beitrag wird auf die Verwertung der in der Prozesskette Bioenergie anfallenden Rückständen im Pflanzenbau eingegangen. Dieses 'Stoffrecycling' ist ebenfalls ein Beitrag zur nachhaltigen Nutzung von Bioenergie.

Untersuchungen liegen im Wesentlichen zur Ausnutzung des in Biomasseaschen und Gärresten vorhandenen Phosphors (P) vor. Dazu wurden in den letzten Jahren mehrere Feld- und Gefäßversuche angelegt. Dabei konnten bislang folgende Ergebnisse ermittelt werden.

Ausgewählte Ergebnisse

- 1) Die P-Gehalte in den Biomasseaschen schwanken in Abhängigkeit des energetisch genutzten Ausgangsmaterials. Der in Zitronensäure lösliche P-Anteil am Gesamt-P-Gehalt ist dabei sehr hoch (ca. 90 %).
- 2) Es konnten signifikante Steigerungen der Erträge und P-Aufnahme der Pflanzen durch Biomasseaschen nachgewiesen werden. Diese sind nicht nur auf die P-Wirkung zurückzuführen, sondern können auch durch andere in den Aschen enthaltenen Elemente sowie durch den pH-Effekt hervorgerufen werden. Der Einfluss auf die P-Aufnahme hing von den für die Verbrennung verwendeten Ausgangsstoffen und von der angebauten Kultur ab (siehe Tab. 1).
- 3) Die leichtlöslichen P-Gehalte im Boden stiegen gewöhnlich nach einer Ascheausbringung an, was ebenfalls auf eine gute Verfügbarkeit des P in Biomasseaschen hinweist.
- 4) Die Zufuhr von Biogasgülle (Ausgangssubstrat Rindergülle) führte zu einer Erhöhung der P-Aufnahme gegenüber der Kontrolle um ca. 52 % bei Mais und 136 % bei Sorghum. Diese Wirkung war vergleichbar mit einer mineralischen P-Zufuhr. Der P_{di} -Gehalt des Bodens erhöhte sich ebenfalls durch die Ausbringung der Biogasgülle, war jedoch etwas geringer als in der mineralischen P-Variante.
- 5) Im Vergleich zur unvergorenen Gülle wurden nach der Applikation von vergorener Rindergülle geringere mikrobielle Aktivitäten im Boden gemessen. Das

kann mit dem Ab- und Umbau organischer Verbindungen während des Vergärungsprozesses begründet werden.

Tab. 1: P-Aufnahme (Relativwerte; Kontrolle = 100 %) in verschiedenen Düngungsvarianten in einem 8-wöchigen Gefäßversuch auf einem schwach lehmigen Sand.

Asche/ Fruchtart	TSP	RMA	SA	GGPA	KCI
Mais p = 0,001***	146	133	122	134	94
W.-Raps p = 0,001***	145	142	129	114	101
W.gras p = 0,001***	141	141	115	130	85
Gerste p = 0,001***	133	126	117	104	113
Lupine n.s.	131	142	108	103	109
Phacelia p = 0,039*	128	137	136	129	116
Ölrettich p = 0,004**	120	116	85	120	97
Buchweizen n.s.	113	118	109	123	110

TSP = Tripel-Super-P, RMA = Rapsmehl-Asche, SA = Stroh-Asche, GGPA = Getreideganzpflanze-Asche, KCI = Kaliumchlorid

Schlussfolgerung

Die Nutzung von Rückständen aus der Bioenergieproduktion im Pflanzenbau ist eine wichtige Maßnahme, um Nährstoffkreisläufe zu schließen und Ressourcen zu schonen. So zeigten Ergebnisse, dass die P-Verfügbarkeit in Biomasseaschen und Gärresten sehr hoch sein kann, und diese Rückstände – vorausgesetzt sie sind nicht mit schädlichen Substanzen belastet – durchaus kommerzielle P-Düngemittel ersetzen können.

Optimierung von Aussaat- und Erntezeitpunkt bei Winterzwischenfrüchten vor Energiemais

Franziska Roth, Rolf Rauber & Wolfgang Link

Einleitung

Für landwirtschaftliche Betriebe, die Biogasanlagen betreiben, ist der erzielbare Methanhektarertrag von grundlegender Bedeutung. In den meisten Biogasanlagen wird vor allem Mais zur Energieproduktion eingesetzt. Da die im Frühjahr mit Mais bestellten Flächen im Winterhalbjahr brachliegen, kann mit alleiniger Hauptfrucht Mais nicht das gesamte Ertragspotential einer Fläche ausgeschöpft werden. Um den maximalen Methanhektarertrag zu erzielen, müssen neue Fruchtfolgekonzepte entwickelt werden, die u. a. eine hohe Flächenproduktivität über die gesamte Vegetationsperiode aufweisen.

In dreijährigen Feldversuchen wird im Raum Göttingen ein Fruchtfolgeausschnitt in Anlehnung an Graß und Scheffer (2003) untersucht, in dem verschiedene Winterzwischenfrüchte als Vorfrucht vor Energiemais angebaut werden. Der Zeitpunkt, an dem die zu vergärenden Vorfrüchte geerntet werden, ist nicht nur hinsichtlich Methanausbeute je kg Biomasse und je Hektar Anbaufläche von Bedeutung (Amon et al. 2002), sondern beeinflusst die Trockenmasseerträge der Vorfrucht und der folgenden Hauptfrucht. Die untersuchten Variablen der mehrjährigen Versuche sind deshalb neben verschiedenen Vorfrüchten in Reinsaat und Gemenge auch deren Aussaat- sowie Erntezeitpunkte.

Material und Methoden

In mehrjährigen Feldversuchen (2006-2009) wurden auf dem Versuchsgut Reinshof der Georg-August-Universität Göttingen die Winterzwischenfrüchte, Winterackerbohnen, Wintererbsen, Winterroggen sowie einige Gemenge aus diesen Arten im Herbst zu verschiedenen Zeitpunkten gesät. Im Frühjahr wurden sie zu mehreren Zeitpunkten geerntet und direkt im Anschluss auf derselben Fläche Energiemais der Sorte Atletico nachgebaut. Der Mais wurde im darauffolgenden Herbst geerntet. Neben der Erfassung des Aufwuchses (Frisch- und Trockenmasse) wurden für einige der Vorfrüchte Analysen zur Biogas- und Methanausbeute nach VDI-Richtlinie 4630 durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Versuchsjahr 2006/07 wurde der maximale Trockenmasseertrag von 2453 g/m² mit dem Gemenge bestehend aus Winterroggen und Winterackerbohne und anschließendem Maisnachbau erzielt (Tab.1). Der frühere Saattermin der Winterackerbohnenreinsaat (Variante f000) bewirkte einen Gesamttrockenmasseanstieg um 136,17 g/m² verglichen mit der später gesäten Winterackerbohnenreinsaat (Variante 0000). Spätere Ernte der Winterackerbohnen und hierdurch spätere Maisaat (Variante 0m00) führte zu Gesamttrockenmasseverlusten in Höhe von 654,27 g/m² verglichen mit Variante 0000. Dieser Verlust ist vor allem auf die spätere Maissaat zurückzuführen, die zu deutlich niedrigeren Maiserträgen führte. Diese Trockenmasseverluste der Hauptfrucht konnten nicht durch den Ertragsanstieg durch längere Wachstumszeit der Winterackerbohnen als Vorfrucht ausgeglichen werden.

Mais ohne Vorfrucht (Variante xxxx) führte mit 1438,66 g/m² zum niedrigsten Trockenmasseertrag.

Tab.1: Trockenmasse- und Methanerträge verschiedener Anbauvarianten mit Winterzwischenfrüchten und Hauptfrucht Mais. Göttingen, Reinshof, 2006/07.

Variante	Art*	Saattermin	Erntetermin**	TM-Ertrag [g/m ²]			Methan-Ertrag [NI/m ²]		
				Vorfrucht	Mais	Summe	Vorfrucht	Mais	Summe
0000	B	18.10.2006	31.05.2007	920,57	1221,59	2142,15	260,94	470,42	731,36
000BE	B+E	18.10.2006	31.05.2007	980,31	1205,96	2186,27	257,34	464,40	721,74
000E	E	18.10.2006	31.05.2007	1144,67	1276,54	2421,21	221,58	491,58	713,16
000R	R	18.10.2006	31.05.2007	1187,30	971,21	2158,52	308,64	374,01	682,64
000BR	B+R	18.10.2006	31.05.2007	1375,54	1077,36	2452,90	237,59	414,88	652,47
f000	B	26.09.2006	31.05.2007	1111,32	1167,59	2278,92	197,61	449,63	647,24
xxxx	-	-	-	-	1438,66	1438,66	-	554,01	554,01
0m00	B	18.10.2006	19.06.2007	1012,75	475,12	1487,88	237,99	182,97	420,95

*B= Winterackerbohne, E= Wintererbse, R= Winterroggen

**Erntetermin der Vorfrüchte = Saattermin des nachfolgenden Maises. Maissaat xxxx: 31.05.2007

Der höchste Gesamtmethangehalt wurde im Versuchsjahr 2006/07 mit 731,36 NI/m² in der Standardvariante 0000 mit Vorfrucht Winterackerbohne in Reinsaat erreicht, gefolgt von den Varianten mit Erbse in Reinsaat und Gemenge als Vorfrucht (Tab.1). Somit wurde die in der praktischen Landwirtschaft bereits angewandte Variante mit Winterroggen als Vorfrucht durch Varianten mit legumen Vorfrüchten übertroffen. Die spätere Erntezeit der Winterackerbohne (Variante 0m00) erbrachte mit 420,95 NI/m² niedrigere Gesamtmethanerträge als die der Vergleichsvariante 0000. Überraschenderweise führte der frühere Saattermin der Winterackerbohne (Variante f000) trotz des höheren TM-Ertrags (im Vergleich zu Variante 0000) nicht zu höheren Gesamtmethanerträgen. Dies lag vermutlich an der geringeren Methanausbeute dieser Variante (0,19 NI/g oTR) im Vergleich zur Variante 0000 (0,31 NI/g oTR). Die Ergebnisse des ersten von drei Versuchsjahren zeigen, dass frühere Aussattermine der Winterackerbohne nicht immer zum erhofften Anstieg der Gesamtmethanerträge führen. Spätere Erntetermine der Vorfrucht und somit deutlich verspätete Saattermine der Hauptfrucht hatten negative Auswirkungen auf die Gesamterträge des Zweikulturnutzungssystems. In den beiden folgenden Versuchsjahren wird deshalb versucht, den Erntezeitpunkt der Vorfruchternte zu ermitteln, an welchem das Ertragsoptimum aus Vor- und Hauptfrucht erreicht wird. Des Weiteren wird deutlich, dass der Gesamttrockenmasseertrag als Merkmal der Produktivität einer Biogasfruchtfolge alleine nicht ausreicht, um Vorhersagen über die Effizienz der Energieproduktion eines solchen Systems zu treffen. Analysen zu Methan- und Biogasausbeuten sind erforderlich.

Literatur

- Amon, T.; V. Kryvoruchko; B. Amon; G. Moitz; D. Lyson; E. Hackl; D. Jeremic; W. Zollitsch; E. Pötsch; K. Mayer und J. Plank 2002: Methanbildungsvermögen von Mais – Einfluss der Sorte, der Konservierung und des Erntezeitpunktes. Endbericht für Pioneer Saaten Ges.m.b.H. Parndorf.
- Graß, R. und K. Scheffer 2003: Kombiniertes Anbau von Energie- und Futterpflanzen im Rahmen eines Fruchtfolgeglieders- Beispiel Direktsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 15: 106-109.

Beziehungen zwischen dem Wurzelwachstum von Winterzwischenfrüchten und der Trockenmassebildung des nachgebauten Energiemaisses

Christian Menke & Rolf Rauber

Einleitung

Winterzwischenfrüchte stellen nicht nur eine gute Energieressource für Biogasanlagen dar, sie sollen zusätzlich den Boden während der Wintermonate vor Erosion und Stickstoffverlagerungen bewahren. In welchem Zusammenhang die Wurzellängendichten der Winterzwischenfrüchte mit a) den N_{min}-Werten des Bodens, b) den Trockenmasseerträgen der Winterzwischenfrüchte sowie c) dem Ertrag des nachgebauten Energiemaisses stehen, ist ein Schwerpunkt dieses Feldversuches.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde auf tiefgründigem Lössboden des Versuchsgutes Reinshof (Universität Göttingen) im August/September 2006 angelegt. Die Vorfrucht war Winterweizen, das Stroh wurde gehäckselt. Es wurde eine N-Ausgleichsgabe von 30 kg N/ha gegeben, zur Zwischenfrucht erfolgte keine weitere Düngung. Ausgesät wurden Futtergräser, Wintergetreidearten, Kreuzblütler, Leguminosen sowie die Kräuter Wegwarte und Spitzwegerich; insgesamt wurden 33 Varianten geprüft. Nach dem Umbruch der Winterzwischenfrüchte im Mai 2007 wurde Energiemais (Sorte „Atletico“) gesät, dieser wurde am 5. November 2007 geerntet. Der Mais wurde nicht gedüngt. Während des Versuchszeitraumes wurden die N_{min}-Werte (NO₃-N + NH₄-N) in einer Tiefe bis 90 cm in drei Schichten gemessen. Diese Messungen erfolgten zur Aussaat der Zwischenfrüchte, im Dezember 2006, im März, April und Mai 2007, sowie zur Maisernte im November 2007. Zeitgleich wurde an den oben genannten Terminen der Aufwuchs erfasst. Im Dezember 2006 und im Mai 2007 wurden mittels Rammkernsonden Wurzelproben der Winterzwischenfrüchte aus einer bzw. zwei Tiefenschichten von je 30 cm entnommen. Die Wurzeln wurden nach dem Auswaschen mit der Software WinRHIZO vermessen.

Ergebnisse und Diskussion

Eine hohe Wurzellängendichte bereits zum Ende der Vegetationsperiode im Dezember 2006 wurde bei den Weidelgras-Varianten (Welsches Weidelgras 6,5 cm cm⁻³, Bastard-Weidelgras 5,1 cm cm⁻³, Deutsches Weidelgras 4,1 cm cm⁻³) gemessen. Ebenfalls stark bewurzelt war das Gemenge aus Wicken und Roggen (4,7 cm cm⁻³) und das Landsberger Gemenge (4,4 cm cm⁻³). Geringe Wurzellängendichten wurden unter Wintererbsen (0,1 cm cm⁻³), Winterackerbohnen (0,1 cm cm⁻³) und Gelbem Steinklee (0,1 cm cm⁻³) gemessen. Zum Erntetermin im Mai 2007 waren die Weidelgras-Varianten (Deutsches Weidelgras 21,5 cm cm⁻³, Bastard-Weidelgras 16,9 cm cm⁻³, Welsches Weidelgras 14,2 cm cm⁻³) und Spitzwegerich (9,8 cm cm⁻³) die Versuchsglieder mit den höchsten Wurzellängendichten (Tab. 1); weniger intensiv durchwurzelt Wintererbsen (Sorte „Mikonos“; 0,9 cm cm⁻³) und Markstammkohl (0,9 cm cm⁻³) den Boden.

Die Nmin-Werte unter Weidelgras und unter dem Gemenge mit Weidelgras als Gemeengepartner (Landsberger Gemenge) waren zum Zeitpunkt der Zwischenfruchternte im Mai 2007 mit 13 kg Nmin/ha bzw. 14 kg Nmin/ha am geringsten (Tab. 1). Es besteht eine signifikante negative Korrelation ($r=-0,6065$, $n=16$, $\alpha=0,05$) zwischen der Wurzellängendichte und dem Nmin-Wert im Boden.

Die Korrelation zwischen der Wurzellängendichte der Winterzwischenfrüchte im Mai und dem späteren Maisertrag war hoch signifikant negativ ($r=-0,8156$, $n=16$, $\alpha=0,01$). Die TM-Erträge des nachgebauten Maises waren gering, wenn der Mais nach Weidelgras oder nach Spitzwegerich stand. Das sind Varianten mit besonders hohen Wurzellängendichten. Wahrscheinlich bewirkt hier die Umsetzung der großen Wurzelmasse eine Festlegung des knapp vorhandenen mineralisierten Stickstoffs. Daraus resultiert eine Beeinträchtigung des direkten Vorfruchtwertes. Insofern besteht ein gewisser Zielkonflikt zwischen einer hohen Wurzellängendichte und den damit verbundenen positiven ökologischen Leistungen (Erhöhung des Humusvorrates und Nmin-Absenkung im Boden) auf der einen Seite und gewünschten hohen Maiserträgen auf der anderen Seite.

Tab. 1: Wurzellängendichten, Nmin-Werte sowie TM-Ertrag der Winterzwischenfrucht und des nachgebauten Energiemaises im Versuchsjahr 2006/2007

Variante	Wurzellängendichte in 0-30 cm im Mai 07 [cm/cm ³]	Nmin in 0-90 cm im Mai 07 [kg NO ₃ + NH ₄ /ha]	Ertrag der Winterzwischenfrucht im Mai 07 TM [dt/ha]	Ertrag des Maises im November 07 TM [dt/ha]
Schwarzbrache	-	89	-	164,5
Deutsches Weidelgras	21,45	14	77,9	72,4
Welsches Weidelgras	14,21	14	90,6	96,1
Bastard-Weidelgras	16,89	12	90,1	79,9
Knautgras	15,88	16	74,3	105,3
Winterroggen (4 Sorten)	5,62	16	100,4	113,4
Wintertriticale	4,26	16	91,8	107,9
Winterraps (4 Sorten)	1,37	18	59,6	132,5
Wegwarte	2,26	15	58,3	115,5
Spitzwegerich	9,84	21	73,0	75,6
Winterackerbohne	1,49	38	89,4	153,1
Wintererbse	1,40	36	54,9	148,8
Zottelwicke	3,17	26	49,2	158,0
Steinklee	1,41	24	37,6	146,7
Rotklee	2,59	20	63,6	142,6
Inkarnatklee	2,70	22	106,5	150,1
Landsberger Gemenge	15,90	14	101,3	109,8

Trockenmassebildung von Mais und Sonnenblume im Gemenge für die Verwertung in Biogasanlagen

Daniela M. Gimplinger, Deborah Fistarol Lyson*, Thomas Rinnofner*
Christian Leonhartsberger**, Thomas Amon** & Hans-Peter Kaul

Einleitung

Silomais stellt aufgrund seines hohen Ertragspotentials häufig das wichtigste Substrat zur Methanerzeugung dar. Die Beimengung von Sonnenblume verspricht aufgrund des höheren Fettgehaltes eine höhere Gasausbeute der organischen Substanz. Untersucht wurde daher, wie der Anbau der Kulturarten im Gemenge die Trockenmasseproduktion beeinflusst bzw. ob der Gemengeanbau für die Methanausbeute von Nutzen sein könnte.

Material und Methoden

In einem zweijährigen Feldversuch wurden Reinsaaten und Mais-Sonnenblumen-Gemenge (100:0, 66:33, 50:50, 33:66, 0:100) bei unterschiedlicher Düngung (0 kg N, 85 kg N organisch in Form von Biogasgülle, 85 kg N organisch + 85 kg N als KAS) geprüft. Mischbestände wurden durch abwechselnde Reihensaaten erzielt. Der Versuch wurde in Rohr im Kremstal in Oberösterreich (8.8°C, 958 mm) und in Raasdorf im Osten Österreichs (9.8°C, 547 mm) durchgeführt. An drei Ernteterminen (1: Anfang August, 2: Mitte/Ende August, 3: Ende September) wurden Trockenmassen und Trockensubstanzgehalte erhoben. Beim zweiten Erntetermin wurde bei ausgewählten Varianten die spezifische Methanausbeute von Mischproben (aus 4 Feldblöcken) untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Ein optimaler Trockensubstanzgehalt ist wesentlich für die Vergärung. Auf dem Standort im Feuchtgebiet (Rohr) wurde daher sowohl im Jahr 2007 als auch im Jahr 2008 der dritte Erntetermin ausgewählt (Mais: 35 % bzw. 34 %, Sonnenblume: 29 % bzw. 26 %), auf dem Standort im Trockengebiet (Raasdorf) der zweite Erntetermin (Mais: 24 % bzw. 36 %, Sonnenblume: 28 % bzw. 31 % Trockensubstanzgehalt).

Auf beiden Standorten führte das niederschlagsreiche Jahr 2008 zu höheren Erträgen. Der Feuchtstandort zeichnete sich wie erwartet durch höhere Trockenmasseerträge als der Trockenstandort aus. Auf dem Feuchtstandort führten Bestandesform und Düngung jahresabhängig zu unterschiedlichen Ergebnissen: Im Jahr 2007 war die Maisreinsaat der Sonnenblumenreinsaat, aber auch dem 50:50-Mischbestand überlegen (Abb. 1). Auf steigende Düngung reagierten alle Bestandesformen mit Ertragszunahmen. Im ertragsstarken Jahr 2008 dagegen führte steigende Düngung nur bei der Maisreinsaat und der maisdominierten Variante zu höheren Erträgen (Abb. 2). Die Erträge des 50:50-Mischbestandes sowie der sonnenblumendominierten Bestände wurden durch Düngung nicht beeinflusst.

Auf den Schwarzerdeböden am Trockenstandort, die sich durch hohe Stickstoffmineralisierung auszeichnen, hatte die Düngung in beiden Jahren keinen Einfluss auf die Erträge (Abb. 3). Im niederschlagsarmen Jahr 2007 zeigte sich die

Universität für Bodenkultur, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

* Universität für Bodenkultur, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

** Universität für Bodenkultur, Institut für Landtechnik, Peter-Jordan-Straße 82, 1180 Wien

Maisreinsaat den Mischbeständen sowie den Sonnenblumenreinbeständen deutlich überlegen. Im niederschlagsreicheren, ertragsstärkeren Jahr 2008 ergab sich eine deutlichere Differenzierung zwischen den Bestandesformen: Maisdominierte Bestände sowie der 50:50-Mischbestand waren den sonnenblumendominierten Beständen deutlich überlegen.

Die Analysen der spezifischen Methanausbeute zeigten überraschend keinen Vorteil der Sonnenblumen. Im Mittel über beide Standorte betrug die Methanausbeute aus Maisreinbeständen 386 Normliter (I_N) CH_4 je kg organische Trockensubstanz, die aus Sonnenblumenreinbeständen 353 I_N und die aus 50:50-Mischbeständen 335 I_N .

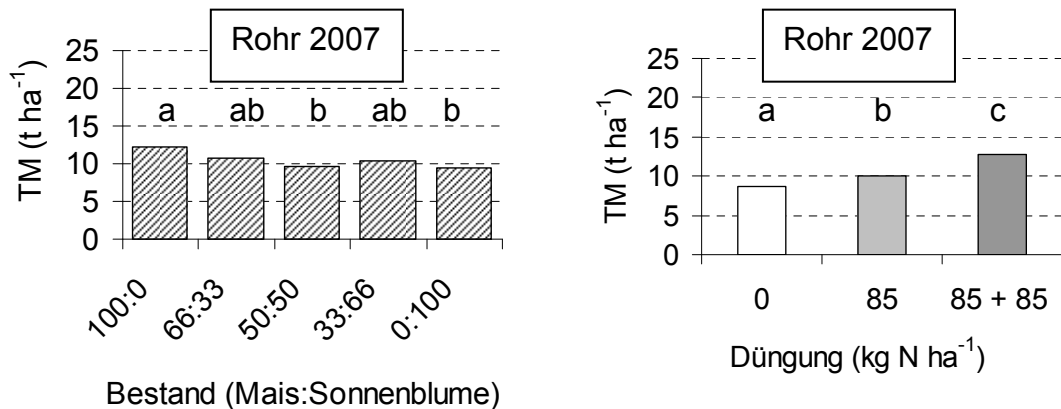


Abb. 1: Trockenmasseerträge im Feuchtgebiet (Rohr im Kremstal) im Jahr 2007 in Abhängigkeit von der Bestandesform und der Düngungsstufe

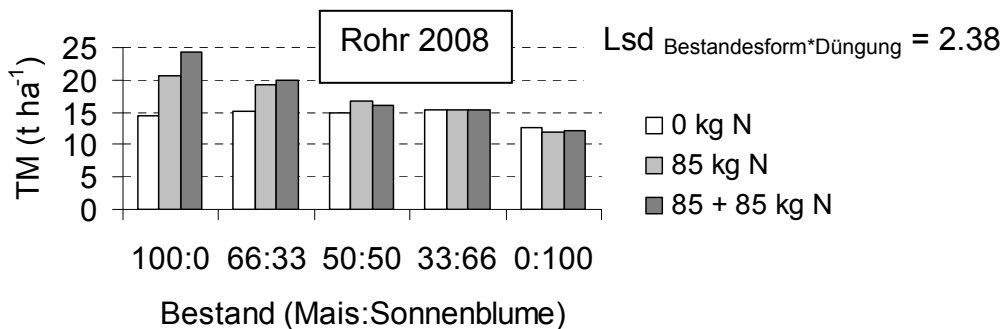


Abb. 2: Trockenmasseerträge im Feuchtgebiet (Rohr im Kremstal) im Jahr 2008 in Abhängigkeit von der Bestandesform und der Düngungsstufe

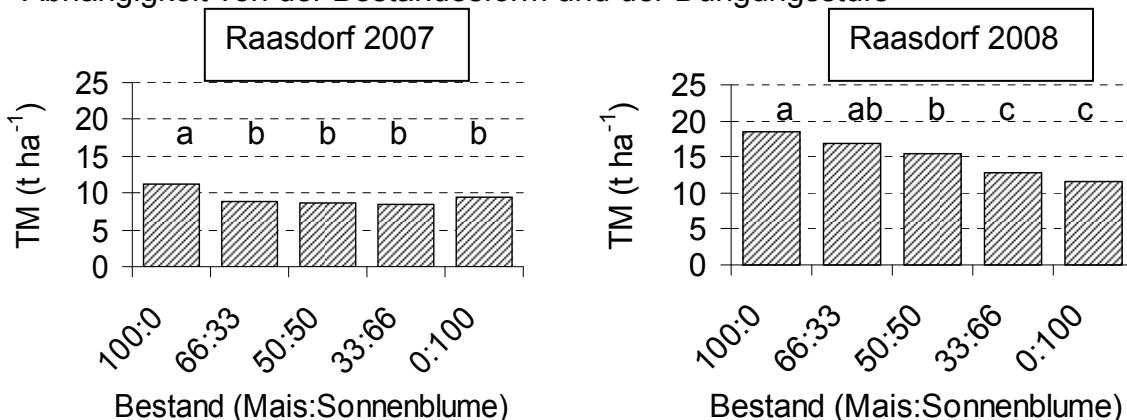


Abb. 3: Trockenmasseerträge im Trockengebiet (Raasdorf) in den Jahren 2007 und 2008 in Abhängigkeit von der Bestandesform

Effect of different sowing times, plant densities and cultivars on biomass yield and biogas production of *Sorghum bicolor* L. Moench

Athar Mahmood & Bernd Honermeier

Introduction

Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is an annual C₄ plant of tropical origin, well adapted to sub-tropical regions and highly productive in biomass. The biomass of *Sorghum* can be rich in fermentable sugars and thus it can be considered as an excellent raw material for fermentative hydrogen production. Although *Sorghum* species have been thoroughly investigated as an energy crop for bio ethanol and methane production (Richards et al. 1991; Mamma et al. 1996). *Sorghum* plant is sensitive to low temperature during the first stage of plant development. For that reason adapted cultivars and cultivation techniques are necessary for its production in Germany. This study was conducted to clear the effect of different sowing times and plant densities on biomass yield and biogas production of two *Sorghum* cultivars.

Materials und Methods

The experiment was conducted in the research station Rauschholzhausen in 2008. The site was characterized by silty loam soils and temperate climate (annual mean temperature: 7.8 °C, annual mean precipitation: 576 mm). Winter wheat was the previous crop in 2007. The soil characteristics are: pH 6.6, P: 4.0 mg/100g, K: 17 mg/100 g and Mg: 5 mg/100g of soil respectively. N-fertilization of 120 kg N/ha was broadcasted after sowing. Weed control was done by mechanical and manual practice. Three factors were studied: A - sowing times (beginning, middle and end of May), B - plant densities (16, 24, 32 plants/m²), C - cultivars ("Goliath" *S. bicolor* x *bicolor* and "Bovital" *S. bicolor* x *S. sudanense*). Four replications were used under randomized complete block design. Plant height, biomass (t/ha DM) and biogas yield were measured. Biogas measurements were executed in a lab digesters (mesophilic conditions, liquid manure, volume: 20 L/pot, digestion: 21 days) in the research station Rauschholzhausen.

Results and Discussion

Early sowing of *Sorghum* on May 9th led to biomass yields of 20.3 t/ha DM (cv. "Goliath") and 12.4 t/ha DM (cv. "Bovital") with a DM content of 26.2 % (Goliath) and 26.5 % (Bovital). The level of biogas yield was around 580 L/kg DM (Goliath) and 546 L/kg DM (Bovital) (table 1). 10 days delayed sowing (May 19th) induced no significant reduction of biomass yield with "Goliath" (19.5 t/ha = 96 %) but clear reduced biomass yield with "Bovital" (9.9 t/ha = 80 %). Between both cultivars only small differences in DM content (24.6 % vs. 23.4 %) were observed by delayed sowing time at May 19th. Late sowing time at May 29th led to reduced DM yield with Goliath (18.8 t/ha = 93 %) and no further reduction in DM yield (10.7 t/ha = 86 %) with Bovital. With Goliath high biogas yield were observed in all three sowing times. Contrary to that clearly reduction of biogas yield could be found in late sowing time end of May. In comparison with "Bovital" higher biomass production and higher biogas yields were observed with the cultivar "Goliath" in all sowing times.

Table 1: Effect of different sowing times and plant densities on biomass yield (t/ha DM) and biogas production (L/kg DM) of two cultivars of *Sorghum bicolor* (field experiment Rauschholzhausen 2008)

Cv	Pd	ST1 (09.05.2008)		ST 2 (19.05.2008)		ST 3 (29.05.2008)	
		DM (t/ha)	BGY (L/kg DM)	DM (t/ha)	BGY (L/kg DM)	DM (t/ha)	BGY (L/kg DM)
Goliath	16	18.4	576.3	18.1	590.0	17.8	615.3
	24	20.1	629.2	20.3	615.5	19.0	631.2
	32	22.4	534.3	20.1	589.7	19.5	526.5
	Mean	20.3	579.9	19.5	598.4	18.8	591.0
Bovital	16	9.7	610.4	9.1	480.4	9.6	519.5
	24	13.0	550.2	9.0	502.7	11.5	453.7
	32	14.6	478.5	11.5	587.9	11.1	365.3
	Mean	12.4	546.4	9.9	523.7	10.7	446.2
Mean	16	14.0	593.3	13.6	535.2	13.7	567.4
	24	16.6	589.7	14.7	559.1	15.2	542.4
	32	18.5	506.4	15.8	588.8	15.3	445.9

ST= sowing time DM = Dry matter BGY = Biogas yield Cv = Cultivar Pd = Plant density

Increased plant density from 16 to 24 and 32 plants/m² led to higher biomass yields in all sowing times. In comparison with delayed sowing the effect of increasing plant density (from 16 to 32 plants per m²) was more clearly after early sowing. The plant density has had a significant effect on DM content of harvested biomass only after early sowing. Probably that was caused by a change of biomass structure (reduced number of tillers per plant).

There was a contrary effect of plants density on biogas yield between first and second sowing time. After early sowing highest biogas yield of 593 L/kg was observed in lowest plant density (16 plants per m²). Opposite to that in delayed sowing time highest biogas yield was observed with 32 plants per m². It can be supposed that delayed sowing and higher plant density led to modified composition of primary metabolites (sugars, proteins) which affected the biogas production.

Literatur

- Billa E.; D.P. Koullas; B. Monties. and E.G. Koukios 1997: Structure and composition of sweet sorghum stalk components. *Industrial Crops and Products* 6: 297-302.
- Mamma D.; D. Koullas; G. Fountoukidis; D. Kekos; B.J. Macris and E. Koukios 1996: Bioethanol from sweet sorghum: Simultaneous saccharification and fermentation of carbohydrates by a mixed microbial culture. *Process biochemistry* 31: 377-381.
- Richards, B.K.; R.J. Cummings and W.J. Jewell 1991: High rate low solids methane fermentation of sorghum, corn and cellulose. *Biomass and Bioenergy* 1: 249-260.

Gezielte Verwertung von Gärrückständen – Ein Beitrag zur Sicherung einer nachhaltigen Biomasseproduktion

Silvia Bachmann & Bettina Eichler-Löbermann

Einleitung

Rückstände aus der Biogasproduktion ersetzen in tierhaltenden Betrieben vermehrt herkömmliche Wirtschaftsdünger wie beispielsweise Rindergülle. Die in der Gülle vorhandenen Nährstoffe bleiben während der Vergärung im Wesentlichen erhalten. Zudem wird im Zuge des Abbaus organischer Substanz von einer höheren Nährstoffverfügbarkeit und in diesem Zusammenhang einer besseren Düngewirkung von Gärrückständen ausgegangen. In Bezug auf die Stickstoff-Wirkung von Gärrückständen liegen diesbezüglich bereits Untersuchungsergebnisse vor. Der Effekt dieser Rückstände auf den Phosphor (P)-Kreislauf des Bodens und die P-Ernährung der Pflanze ist in wesentlichen Punkten noch nicht geklärt. Eine effiziente Ausnutzung des in Sekundärrohstoffdüngern enthaltenen P stellt aber vor dem Hintergrund begrenzter P-Ressourcen und stetig steigender Düngemittelpreise eine Notwendigkeit dar. Dementsprechend wurde auf Grundlage eines Gefäßversuches die P-Aufnahme verschiedener Fruchtarten in Kombination mit einer Gärrest-Applikation untersucht. Weiterhin wurde der Effekt von Gärrückständen auf den doppellactat-löslichen P-Gehalt (P_{dl}) des Bodens und der Aktivität von Bodenmikroorganismen bestimmt.

Material und Methoden

6 kg eines gesiebten und luftgetrockneten Bodens (sandiger Lehm, $P_{dl} = 4,6 \text{ mg}/100\text{g}$) wurden in Pflanzgefäße eingewogen. Zur P-Düngung wurde eine unvergorene Rindergülle sowie der fermentierte Rückstand (Rinderbiogasgülle, 15 m³ Rindergülle, 1,0 t Maissilage, 0,2 t Getreidekorn) eingesetzt. Als Vergleich diente eine mineralisch gedüngte Variante mit Triple-Superphosphat als leichtlösliche P-Quelle (NPK). Zur Kontrolle wurde eine Variante ohne P-Zufuhr (NK) angelegt. Die Düngemenge wurde so bemessen, dass mit den organischen Düngern 0,2 g P/Gefäß ausgebracht wurden. Die N- und K-Düngung in den mineralisch gedüngten Varianten wurde an die durchschnittliche Nährstoffzufuhr der organischen Dünger angepasst. Als Testfruchtarten wurden Amarant (*A. cruentus*- Bärnkrafft), Mais (*Z. mais*- Ronaldinio) und Sorghum (*S. bicolor* x *S. sudanese*- Bovital) für 8 Wochen unter natürlichen Witterungsbedingungen angebaut. Nach der Ernte wurde im getrockneten Pflanzenmaterial (60 °C) die P-Konzentration bestimmt (Page et al. 1982) und über den Trockenmasseertrag die P-Aufnahme kalkuliert. Die Bestimmung der pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalte erfolgte im Doppellactat-Auszug (P_{dl}) entsprechend Blume et al. (2000). Zur Bestimmung der mikrobiellen Aktivität wurde die Dehydrogenaseaktivität gemessen (modifiziert, nach Thalmann 1968).

Ergebnisse und Diskussion

Nach einer Versuchszeit von 8 Wochen wurde deutlich, dass die P-Düngung eine signifikante Steigerung der P-Aufnahme bei allen Fruchtarten hervorrief (Tab. 1). Die Zufuhr von Rinderbiogasgülle führte zu einer Erhöhung der P-Aufnahme gegenüber

der P-freien Kontrolle um 61 % bei Amarant, 52 % bei Mais und 136 % bei Sorghum. Beide organischen Dünger unterschieden sich in ihrer Wirkung auf die P-Aufnahme nicht signifikant voneinander und waren vergleichbar mit einer mineralischen P-Zufuhr oder dieser sogar überlegen. Auch bezüglich der Wirkung auf den P_{dl} -Gehalt des Bodens waren keine Unterschiede zwischen der vergorenen und der unvergorenen Rindergülle feststellbar. Beide organischen Dünger führten zu einer Erhöhung des P_{dl} -Gehaltes um bis zu 22 % gegenüber der P-freien Kontrolle. Die signifikant höchsten P_{dl} -Gehalte wurden jedoch in der mineralisch gedüngten Variante nachgewiesen (Tab. 1).

Der Effekt der Vergärung wurde besonders bezüglich bodenbiologischer Parameter deutlich. Zwar bewirkten beide organischen Dünger eine signifikante Erhöhung der Dehydrogenasaktivität gegenüber den mineralisch gedüngten Varianten, die mikrobielle Aktivität lag nach der Applikation von Rinderbiogasgülle aber deutlich unter der Aktivität der mit Rindergülle gedüngten Varianten (Tab. 1). Dies deutet darauf hin, dass Gärrückstände als Energie- und Kohlenstoffquelle für Mikroorganismen weniger geeignet sind als unvergorene Güllen.

Tab. 1: P-Aufnahme (mg/Gefäß), P_{dl} -Gehalt (mg/100g) und Dehydrogenase-aktivität ($\mu\text{g TPF/g 24 h}$) nach der Düngung mit vergorener und unvergorener Rindergülle in einem 8-wöchigen Gefäßversuch auf einem schwach lehmigen Sand.

Fruchtart	Düngung	P-Aufnahme	P_{dl}	DHA
Amarant	ohne P (NK)	124,1a	3,8a	137,6a
	Rinderbiogasgülle	200,7c	4,3b	166,3b
	Rindergülle	194,5c	4,4b	203,3c
	NPK	164,1b	5,0c	128,6a
Mais	ohne P (NK)	55,0a	4,5a	*
	Rinderbiogasgülle	84,1b	5,5b	*
	Rindergülle	77,2b	5,5b	*
	NPK	85,8b	6,0c	*
Sorghum	ohne P (NK)	24,2a	4,5a	123,8a
	Rinderbiogasgülle	57,3c	6,0c	182,7b
	Rindergülle	50,3b	5,8bc	222,6c
	NPK	45,7b	6,6d	129,7a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikant verschiedene Mittelwerte für jede Fruchtart; * in Bearbeitung

Literatur

- Blume, H.P.; B, Deller; R. Leschber; A. Paetz; S. Schmidt und B.M. Wilke 2000: Handbuch der Bodenuntersuchung. Terminologie, Verfahrensvorschriften und Datenblätter. Physikalische, chemische und biologische Untersuchungsverfahren. Gesetzliche Regelwerke. Weinheim, Germany: Wiley-VCH
- Page, A. L.; R.H. Miller und D.R. Keeney 1982: Methods of soil analysis. Chemical and microbial properties. 2. Aufl. WI, USA: Madison
- Thalman, A. 1968: Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenasaktivität im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). Landwirtschaftliche Forschung 21, S. 249-258

Biogas, Mais und Bodenart – Nitrat austrag nach Gärrestapplikation

Nikolai Svoboda, Babette Wienforth*, Hela Mehrstens, Klaus Sieling*, Henning Kage*,
Friedhelm Taube & Antje Herrmann

Einleitung

Bundesweit ist mit der Novelle des EEG im Jahr 2004 ein deutlicher Anstieg der Produktion von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen zu verzeichnen. Ein großer Anteil entfällt hierbei auf die Erzeugung von Biogas. Die Anlagenzahl hat sich bis 2009 mehr als verdoppelt (> 4000 Anlagen). Dieser Trend bedingt ein hohes Aufkommen an Gärresten, welche möglichst effizient innerbetrieblich verwertet werden sollten. Allerdings besteht noch ein Forschungsdefizit zur Wirkungsweise von Gärresten hinsichtlich ihrer Effekte auf die N-Umsetzungsprozesse im Boden und daraus resultierende N-Verluste. In diesem Beitrag werden Ergebnisse einer modellgestützten Berechnung der N-Austräge über den Sickerwasserpfad unter Mais in Monokultur an zwei Standorten in Schleswig-Holstein (Hügelland, Geest) vorgestellt.

Material und Methoden

Die Versuchsstandorte Karkendamm (Geest, sS, 844 mm, 8,6 °C) und Hohenschulen (Hügelland, Sl2, 777 mm, 8,3 °C) der Universität Kiel repräsentieren die Landschaftsräume in Schleswig-Holstein, in welchen eine überdurchschnittliche Biogasanlagendichte vorliegt. In den Versuchsperioden April 2007 bis März 2008 und April 2008 bis März 2009 wurde an beiden Standorten auf je 48 Parzellen Mais in Monokultur angebaut. Als N-Düngerformen kamen Kalkammonsalpeter (KAS), Rindergülle, Schweinegülle, Gärreste aus Ko- (BG-Mix) und Monofermentation (BG-Mono) in den Aufwandmengen 0, 120, 240, 360 kg ha⁻¹ zum Einsatz.

Sickerwasser wurde nach dem Saugsondenprinzip in wöchentlichem Rhythmus quasikontinuierlich auf sämtlichen Parzellen gewonnen (P80 Keramik; 60 cm Tiefe; 250 bis 300 hPa Unterdruck). Die Modellkalibrierung (objektorientierte Klassenbibliothek HUME, Kage und Stützel, 1999) beruht auf Parametern (Boden & Pflanze), welche empirisch am Standort erhoben, und durch Analysen abgesichert wurden.

Die Quantifizierung der Beziehung zwischen N-Input und Nitrat-Fracht basiert auf einer quadratischen Funktion (ohne linearen Term). Als Interzept diente die N-Fracht der Kontrollparzellen. Die Koeffizienten des quadratischen Gliedes wurden geschätzt und mittels Bonferroni adjustiertem, 2-seitigem t-Test auf signifikante Unterschiede geprüft. Da keine lückenlosen Messdatenreihen für sämtliche getesteten Düngevarianten und Stufen über die gesamte Versuchsdauer vorliegen, beziehen sich die hier verwendeten Daten auf Betrachtungszeiträume innerhalb der Versuchsperioden April bis März 07/08 und 08/09, in denen ohne Ausnahme Daten für sämtliche Varianten vorliegen. Aufgrund der gegebenen Messanordnung werden die Daten für die jeweiligen Standorte und Meßperioden getrennt verrechnet und lassen semiquantitative (prognostische) Ableitungen bezüglich des Austrages zu. Um eine Abschätzung des gesamten Austragspotenzials zu ermöglichen, wurden die

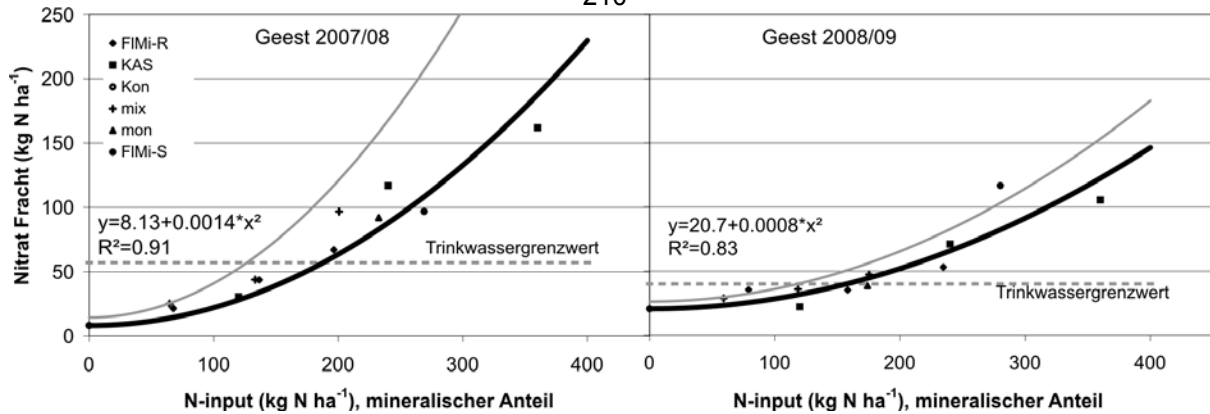


Abb. 1: (2007/08 – 22 Messwochen) & **2:** (2008/09 – 26 Messwochen): Nitrat- Fracht unter Mais in Abhängigkeit des N- Inputs (mineralischer Anteil). — Regression der gemessenen Austräge aller untersuchten Dünger in Abhängigkeit zum mineralischen Anteil des Input.
 — Zusätzlicher potenzieller Austrag in nicht gemessenen Wochen.

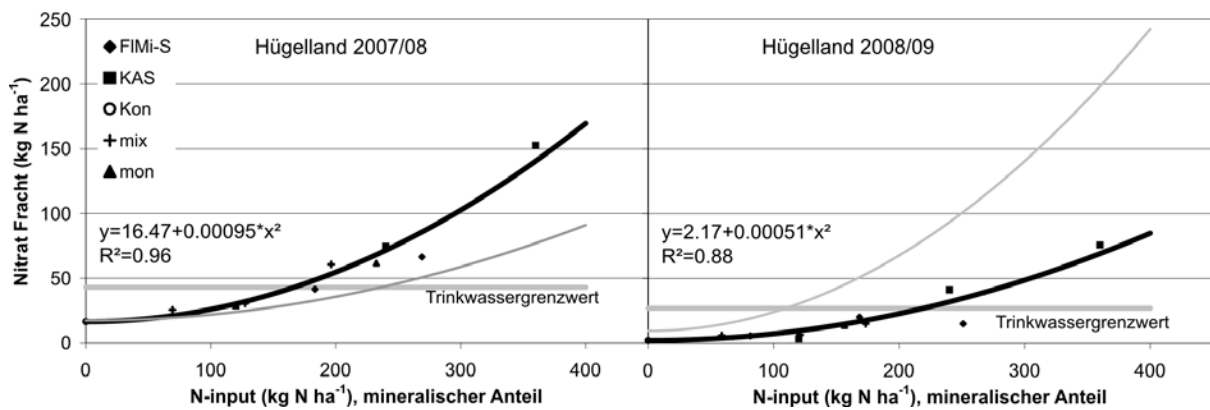


Abb. 3: (2007/08 – 35 Messwochen) & **4:** (2008/09 – 20 Wochen): Nitrat- Fracht unter Mais in Abhängigkeit des N- Inputs (min. Anteil). — Regression der gemessenen Austräge aller untersuchten Dünger in Abhängigkeit zum mineralischen Anteil des Input.
 — Zusätzlicher potenzieller Austrag in nicht gemessenen Wochen.

Konzentrationen des 90 % Quantiles der jeweiligen Düngevarianten mit den entsprechenden Sickerwassermengen verrechnet. Die Ergebnisse dieser Frachtberechnung weisen die maximal möglichen, realistischen Austräge innerhalb der Wochen aus, in denen keine kompletten Messdaten vorliegen.

Ergebnisse und Diskussion

Werden die Nitrat- Frachten dem kurzfristig wirksamen mineralischen Anteil des N- Input gegenübergestellt (Abb. 1 bis 4), können für die betrachteten Zeiträume (April bis März 2007/08 2008/09) keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngerformen KAS, Rindergülle und BG- Mix nachgewiesen werden. Jahresergebnisse liegen aufgrund der gegebenen Datenstruktur bisher noch nicht vollständig vor. In einem nächsten Schritt werden durch die Modellierung der N- Flüsse Datenlücken der Feldbeprobung geschlossen, um Aussagen über die kompletten Versuchsjahre treffen zu können und Szenarienberechnungen zu ermöglichen.

Literatur

Kage, H. und H. Stützel 1999: HUME: An object oriented component library for generic modular modelling of dynamic systems, Modelling Cropping Systems, 299-300.

Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) als Energiepflanze

Karin Wunsch, Sabine Gruber & Wilhelm Claupein

Einleitung

Zur Bereitstellung von Bioenergie auf Basis nachwachsender Rohstoffe werden Pflanzen mit hohem Biomassepotential benötigt, da der Methanertrag mit steigendem Biomasseertrag zunimmt (Kaltschmitt und Hartmann 2009). Aufgrund der hohen Produktivität wird zurzeit fast ausschließlich Mais angebaut. Dies kann zu pflanzenbaulich und ökologisch problematischen Fruchtfolgen bzw. Monokulturen führen. Als Alternative stehen andere Energiepflanzen zur Verfügung, zu denen auch Topinambur zählt. Topinambur wird ein- oder mehrjährig angebaut, wobei als Bioenergieträger nur die oberirdische Biomasse genutzt wird, da die Schmutzanhaftung an den Knollen die Verwendung als Gärsubstrat ausschließt. Ziel des vorgestellten Versuches war, Topinambur als Energiepflanze für die Bereitstellung als Biogassubstrat zu testen.

Material und Methoden

Auf den Versuchstationen Unterer Lindenhof (Fuß der Schwäbischen Alb, 8,5 °C Jahrestemperatur und 886,6 mm Jahresniederschlag im langjährigen Mittel) und Oberer Lindenhof (Albhochfläche, 6,9 °C Jahrestemperatur und 938,3 mm Jahresniederschlag im langjährigen Mittel) der Universität Hohenheim wurden ab 2007 Feldversuche angelegt. Um die Biomasse möglichst nachhaltig und energiesparend zu produzieren, wurde reduzierte Bodenbearbeitung durchgeführt und auf mineralische Düngung sowie weitestgehend auch auf Pflanzenschutzmittel verzichtet. Es erfolgte ein- und mehrjähriger Anbau bei drei unterschiedlichen N-Düngungsvarianten (N1 = keine N-Gabe, N2 = mittlere N-Gabe von 40 kg N/ha, N3 = hohe N-Gabe von 80 kg N/ha) ausschließlich mit Gülle. Als Bezugsgröße wurde an den beiden Standorten Mais, ebenfalls mit drei unterschiedlichen N-Düngungsvarianten, angebaut. Neben der Erfassung der pflanzenbaulichen Parameter wurde auch die Wirtschaftlichkeit des Topinamburanbaus untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Nach zwei Versuchsjahren zeigte sich, dass Topinambur sowohl als einjährige Kultur als auch im mehrjährigen Anbau mit den Erträgen von Mais vergleichbar ist (Tab. 1).

Tab. 1: Trockenmasseerträge von Topinambur und Mais bei 3 unterschiedlichen N-Düngungsvarianten (N1 bis N3) an den beiden Standorten Oberer und Unterer Lindenhof in den Jahren 2007 und 2008

Standort	Düngung	Topinambur		Mais	
		Ertrag in dt TM/ha 2007	Ertrag in dt TM/ha 2008	Ertrag in dt TM/ha 2007	Ertrag in dt TM/ha 2008
Oberer Lindenhof	N1	92	121	52	82
	N2	103	129	68	116
	N3	107	137	76	118
Unterer Lindenhof	N1	147	159	198	160
	N2	117	170	223	178
	N3	151	163	258	185

Die Erträge von Topinambur und Mais waren 2008 tendenziell höher als 2007, vermutlich aufgrund der Witterungsbedingungen. Auch der Standort hatte Einfluss auf die Ertragsentwicklung, was sich besonders am Standort Oberer Lindenhof zeigte. Der mehrjährige Topinamburanbau erzielte dort mit insgesamt 215 – 245 dt TM/ha in zwei Jahren um ca. 30 % höhere Erträge als der Anbau von Mais in der gleichen Zeit und unter denselben Bedingungen. Mit steigender Stickstoffdüngung zeigte sich bei Topinambur kein signifikanter Anstieg des Biomasseertrags (Daten nicht gezeigt). Am Standort Unterer Lindenhof war der Mais dem Topinambur im Ertragsniveau überlegen.

Zum jetzigen Stand der Versuche lassen sich noch keine Aussagen über einen möglichen Ertragsrückgang bei mehrjährigem Anbau auf derselben Fläche treffen. Bei Berechnungen der Produktionskosten (Abb. 1) anhand von KTBL-Daten stellte sich heraus, dass der mehrjährige Anbau von Topinambur schon ab dem zweiten Anbaujahr geringere jährliche Kosten verursacht als Mais. Hauptsächlich ist dies auf die Tatsache zurückzuführen, dass Topinamburknollen als mehrjährige Kultur die Fähigkeit zum Wiederaustrieb besitzen und die jährliche Bestellung entfällt.

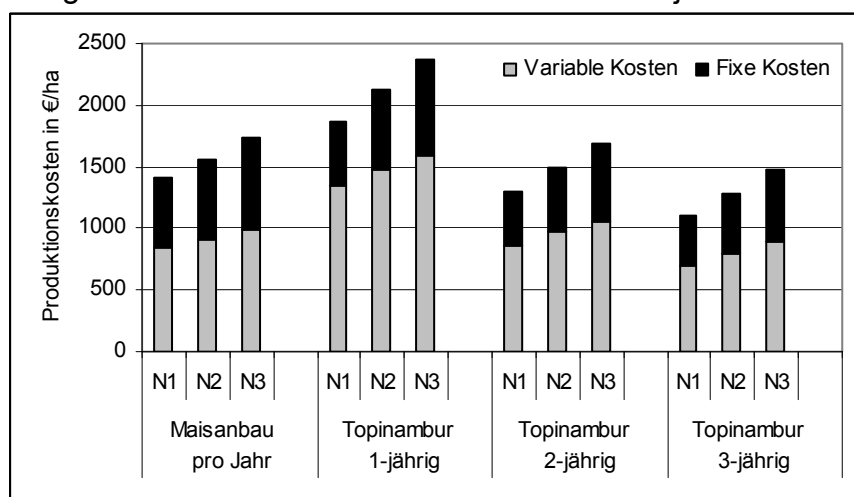


Abb. 1: Durchschnittliche jährliche Produktionskosten in Euro pro Hektar für Mais und ein- und mehrjährigen Topinamburanbau bei 3 unterschiedlichen N-Düngungsvarianten (N1 bis N3), modifiziert nach Döhler (2006)

Insgesamt zeigte sich für Topinambur in klimatisch ungünstigen Regionen wie auf der Albhochfläche ein zufriedenstellendes Biomassepotenzial mit vergleichsweise geringen Produktionskosten. In weiterführenden Versuchen sollen Methoden zur optimalen Erntetechnik der Topinamburknollen untersucht werden, um diese nach ein- oder mehrjährigem Anbau wieder möglichst rückstandslos von der Fläche entfernen zu können. Nur wenn der Durchwuchs in der nachfolgenden Kultur weitgehend vermieden werden kann, hat Topinambur eine Zukunft als Energiepflanze, die aus pflanzenbaulicher Sicht mit Mais vergleichbar ist.

Literatur

- Döhler, H. 2006: Energiepflanzen – Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. KTBL-Datensammlung mit Internetangebot, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- Kaltschmitt, M. und H. Hartmann 2009: Energie aus Biomasse, Springer Verlag, Berlin (im Druck).

Rodung von Topinamburknollen mit Hilfe von Weideschweinen – eine Alternative zur maschinellen Ernte?

Karin Wunsch, Siriporn Maier, Sabine Gruber & Wilhelm Claupein

Einleitung

Mitte des 20. Jahrhunderts wurde Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) hauptsächlich als Futtermittel für Schweine angebaut (Frieg, 1953). Der Vorteil bestand darin, dass die ganze Pflanze verwertet werden konnte. Die rohen Knollen wurden ungewaschen und unzerkleinert verfüttert und die oberirdische Biomasse diente als Grünfütter. Zudem wurden Topinamburflächen auch als Schweineweide bewirtschaftet (Küppers-Sonnenberg, 1960). Anschließend wurde auf den Flächen mehrjähriges Grünland angebaut, bevor wieder andere Kulturarten folgten.

Heute zählt Topinambur zu den Energiepflanzen und eignet sich zur Produktion von Biogas. Die oberirdische Biomasse wird siliert und dient somit als Substrat für die Biogasanlage. Unterirdisch bilden sich Stolonen aus, die nach kurzer Zeit zu Speicherknollen verdicken (Stolzenburg, 2002). Durch die starke Vermehrung ergibt sich bei der Rodung das Problem, möglichst alle Knollen aus dem Boden zu entfernen. Durchwuchs in der folgenden Kultur kann daher in erheblichem Maße auftreten. Ziel der Studie war, eine geeignete Methode zur Rodung von Topinamburknollen zu finden.

Material und Methoden

Die vorliegende Studie wurde ab Mai 2009 auf der Versuchsstation Unterer Lindenhof der Universität Hohenheim durchgeführt. Im Feldversuch wurden zwei Methoden zur Rodung der Topinamburknollen von bereits oberirdisch abgeernteten Topinamburflächen (Parzellengröße ca. 150 m²) getestet. Die maschinelle Rodung erfolgte mit herkömmlicher Kartoffelerntetechnik (Schleuderradroder). Bei der anderen Methode wurde die Parzelle eingezäunt und mit sechs Schweinen beweidet, die nach den Knollen wühlen und diese fressen sollten. Nach sechs Wochen wurden die Schweine auf die nächste Parzelle umgetrieben. Bei den Versuchstieren handelte es sich um Mastschweine, eine Kreuzung aus Schwäbisch Hällischem Landschwein und Pietrain, die zu Versuchsbeginn vier Monate alt waren. Die Tiere wurden während des gesamten Versuches im Freien (mit Weidehütte) gehalten und hatten dabei uneingeschränkten Zugang zu der Topinamburfläche. Zur ausgeglichenen Ernährung wurden sie mit Krafffutter zugefüttert. Nach Beendigung der Weideperiode bzw. nach der maschinellen Rodung wurden Stichproben der Flächen auf im Boden verbliebene Knollen und bereits ausgetriebene Pflanzen untersucht. Später erfolgte auch die Bestimmung der Anzahl an neu ausgetriebenen Pflanzen in der nachfolgenden Kultur.

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den zwei Rodungsmethoden zeigten sich höchst signifikante Unterschiede in der Anzahl der im Boden verbliebenen Topinamburknollen und den bei der Rodung nicht erfassten, bereits ausgetriebenen Pflanzen (Daten nicht gesondert dargestellt, Zusammenfassung aller Daten in Tab. 1). Bei der maschinellen Ernte mit Hilfe des Schleuderradrodgers ergaben sich hauptsächlich technische Probleme. Die

Grabgabeln erreichten weder in der Tiefe noch seitlich alle Knollen, da diese sich auch außerhalb des Dammes befanden. Durch das Schleuderrad wurden die erreichbaren Knollen über eine große Fläche ausgestreut und anschließend von Hand in Körben aufgesammelt. Dabei wurden sicherlich Knollen übersehen oder durch die nächste Überfahrt der Maschine bereits wieder zugedeckt. Nach der Rodung waren noch ca. 74 Knollen/m² im Boden. In weiteren Versuchen ist zu prüfen, ob die maschinelle Rodung der Knollen mit anderer Erntetechnik, wie zum Beispiel einem Kartoffelvollernter, erfolgreicher ist.

Tab. 1: Übersicht der wichtigsten Daten des Versuches

Knollen in Dämme gesetzt	21.04.2008	5 Knollen/m ² Pflanztiefe 6 cm Reihenabstand 75 cm Abstand in der Reihe 25 cm
Ernte oberirdische Biomasse	22.09.2008	
Wiederausgetriebene Pflanzen	14.04.2009	232 Pflanzen/m ²
Anzahl Knollen im Boden	14.04.2009	220 Knollen/m ²
Knollentiefe	14.04.2009	bis zu 18 cm
Rodung	Schleuderradroder	Weideschweine
Zeitpunkt Rodung	15.04.2009	07.05.2009 - 17.06.2009
Knollen nach Rodung im Boden	74 Knollen/m ²	5 Knollen/m ²
Anzahl Pflanzen nach Rodung	46 Pflanzen/m ²	1 Pflanze/m ²

Die Beweidung mit Schweinen scheint zum jetzigen Stand des Versuches die vielversprechendere Rodungsmethode für Topinamburknollen zu sein. Hier waren nach der Beweidung der Fläche durchschnittlich noch ca. 5 Knollen/m² im Boden, wobei anders als bei der maschinellen Rodung keine homogen gerodete Fläche vorlag. In den Bereichen „Fressen“ (vor dem Trog), „Bewegen“ (entlang des Zauns) und „Spielen“ (Radius von 5 m vor der Weidehütte) waren bis in 20 cm Tiefe keine Knollen mehr zu finden. Hier hatten die Tiere den Boden mehrmals umgewühlt und dabei die Knollen gefressen. In den übrigen Bereichen der Parzelle waren vereinzelt noch Knollenteile, aber keine ganzen Knollen mehr zu finden. Im Bereich des Kotens und Harnabsetzens waren noch ganze Knollen im Boden; hier vermieden die Tiere nach längerem Aufenthalt auf der Weide das Wühlen. Bei dieser Methode wurden auch vereinzelt Stücke von Stolonen mit neuen Trieben gefunden. Es ist anzunehmen, dass die sich daraus entwickelnden Pflanzen nur wenig konkurrenzstark sind, da sie keine Speicherorgane besitzen. Auch kann man vermuten, dass die bei dieser Methode im Boden verbliebenen Knollenteile weniger Kraft zum Wiederaustreiben besitzen als die ganzen Knollen, die bei der maschinellen Rodung im Boden verbleiben. In weiterführenden Versuchen ist deshalb zu beobachten, wie sich Wiederaustrieb und Durchwuchs der Topinamburknollen in der nachfolgenden Kultur nach den zwei beschriebenen Rodungsmethoden verhalten.

Literatur

- Frieg, O. 1953: Topinambur – eine aussichtsreiche Futterpflanze. Wissenschaftliche Zeitschrift der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Jahrgang 5. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe. Heft 5.
- Küppers-Sonnenberg, G.A. 1960: Merkblattrihe Topinambur – Wie füttert man mit Topinambur?. Merkblatt T/5 Fütterung. 3. Auflage. Müden/Oertze.
- Stolzenburg, K. 2002: Topinambur – Anbau und Verwertung. Sonderheft 1/2002 der Reihe Informationen für die Pflanzenproduktion. Herausgeber: LAP Forchheim.

Einfluss der Sorte, des Standortes und der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Qualität bei Winterweizen für die Ethanolproduktion

Peter Liebhard, Irene Stockinger & Herbert Eigner*

Einleitung

Aufgrund internationaler Rahmenverpflichtungen müssen weltweit den Mineralöltreibstoffen erneuerbare (biogene) Kraftstoffe beigemischt werden. Die 2003/30/EG-Richtlinie bestimmt, dass innerhalb der EU bis 2010 mindestens 5,75 % Biodiesel bzw. Bioethanol in den Flüssigtreibstoffen enthalten sind. In Österreich erfolgt dies bereits seit 1. Oktober 2008. Für die Auswahl des alternativen Kraftstoffes (bzw. dessen Rohstoff) sind die Verfügbarkeit, das Verarbeitungsverfahren, logistische Aspekte und auch die ökonomischen Voraussetzungen entscheidend.

Die Produktionsanlage der AGRANA in Pischelsdorf produziert den österreichischen Bedarf an Bioethanol. Das Werk ging im Herbst 2007 in Produktion und pro Jahr werden ca. 240 000 m³ Ethanol (99,96 %) aus Weizen (75 %), Mais (15 %) und Zuckerrübensaft (10 %) erzeugt. Ziel der Arbeit war es, den Einfluss der Sorte und eines unterschiedlichen N-Düngungsmanagements bei Winterweizen auf die Optimierung der Kornqualität für die Produktion von Bioethanol und das Zweitprodukt ACTIPROT (Energie- und proteinreiches Futtermittel für Rinder, Schweine und Geflügel) hin zu beurteilen. Angeführt werden Ergebnisse vom Korn-, Stärke- und Rohproteingehalt.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden in Form einer Split-Plotanlage an zwei klimatisch unterschiedlichen Standorten, in **Atzenbrugg** im Nordosten Österreichs (192 m, Lockersediment Braunerde, 9,5 °C, 596 mm) und **Reichersberg/Inn** – Nähe Passau/Bayern (350 m, Parabraunerde, 7,9 °C, 840 mm) angelegt. Die Standorte sind für die Hauptanbauggebiete von Ethanolweizen in Österreich repräsentativ. Fünf Winterweizensorten (Hermann, Manhattan, Mulan, Papageno und Jenga) und sechs N-Düngungsvarianten (Tabelle 1) wurden bei vier Wiederholungen beurteilt. Die Stickstoffdüngung erfolgte zu den Entwicklungsstadien Bestockungs- (EC 21) und Schossbeginn (EC 31) und beim Ährenschieben (EC 51).

Die Ernte erfolgte händisch (1 m² Proben – Strohertrag und Ertragsparameter) und mit dem Parzellenmähdrescher. Eiweiß- und Stärkegehalt wurden mit einem Infrarotspektroskop ermittelt. Die statistische Auswertung der Ergebnisse (Teilweise nicht angeführt) erfolgte mit dem Programm SAS 9.1.3. Mittelwertvergleiche wurden mit dem Student-Newman-Keuls-Test ($\alpha = 0,05$) durchgeführt.

Tabelle 1: N-Düngermengen und N-Düngerverteilung

N- Düngungsvariante	1. Gabe kg N/ha	2. Gabe kg N/ha	3. Gabe kg N/ha	Gesamtmenge kg N/ha
1	0	60	0	60
2	40	60	0	100
3	60	60	0	120
4	60	60	30	150
5	60	90	0	150
6	80	90	0	170

Ergebnisse und Diskussion

Die Basis zur Sicherung hoher flächenbezogener Ethanolerträge lag in der Optimierung der standortgebundenen Managementmaßnahmen. Die Ergebnisse zeigen, dass entgegen der Erwartung, die Kornerträge bei Winterweizen – auch bei ausgewählten Sorten – vom jeweiligen Jahreswitterungsverlauf in den kritischen Phasen (EC 21 bis EC 55) abhängig waren (Abb. 1). Bei extrem langandauernder Frühjahrs-

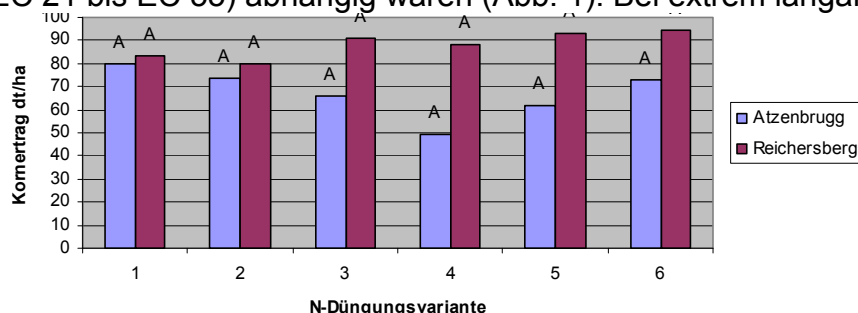


Abb. 1: Kornertrag in dt ha⁻¹ der Sorte Hermann

trockenheit (wie im Jahr 2007) wurde das Kornertragsmaximum am Standort Atzenbrugg bei Weizen sogar schon bei 60 kg ha⁻¹ erreicht.

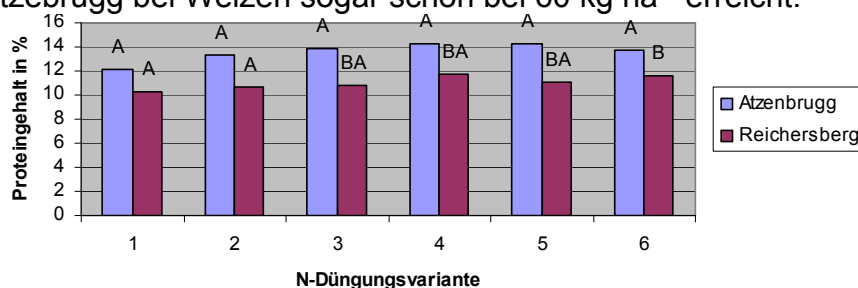


Abb. 2: Proteingehalt in % der TM der Sorte Hermann

Zur Erreichung des Mindestgehaltes an Protein im Zweitprodukt (Trockenschlempe) werden an den Weizen (maximal 75 % im Rohstoff) spezielle Anforderungen gestellt. Der Rohproteingehalt soll nicht unter 12 % liegen, was am Standort Reichersberg/Inn bei den ausgewählten Sorten mit hoher Ertragerwartung nicht gewährleistet war (Rohproteingehalt von 10,0 bis 12,1 %).

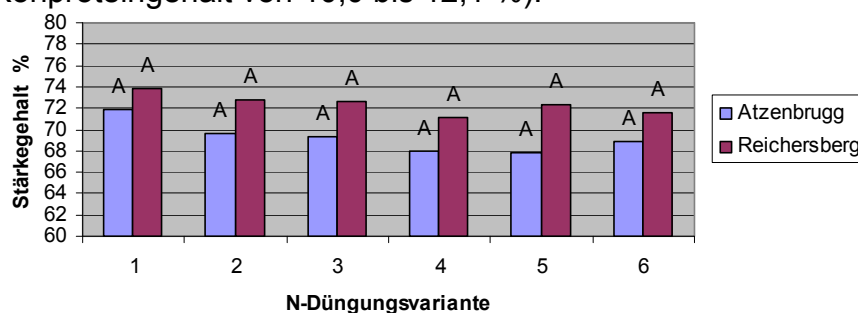


Abb. 3: Stärkegehalt in % der TM der Sorte Hermann

Die erzielbare Ethanolmenge ist bei Weizen vom Stärkegehalt, welcher mit dem Proteingehalt negativ korreliert ist, abhängig ($r = 0,77^*$ bis $0,90^*$). Weiterhin sind noch die Stärkebeschaffenheit – Anteil vergärbare Stärke – und die Kornausbildung (Ergebnisse nicht angeführt) sowie weitere unbekannte Faktoren (Oberforster und Köhldorfer 2007) entscheidend. Neben dem Jahreswitterungs- und Standorteinfluss sowie verschiedenen Wechselwirkungen ist die Sorte für die Höhe des flächenbezogenen Ethanolertrages entscheidend.

Literatur

Oberforster, M. und R. Köhldorfer 2007: Genetische und umweltbedingte Variation des Stärkegehaltes von Weizen und Triticale in Hinblick auf die Bioethanolherzeugung. Bericht über die 58. Tagung der Vereinigung der Pflanzzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs:105-109.

Biokraftstoffe der zweiten Generation – eine Potentialstudie für Baden-Württemberg

Martin Gauder, Simone Graeff-Hönninger & Wilhelm Claupein

Einleitung

Von Biokraftstoffen der zweiten Generation wird angenommen, dass sie wesentliche Verbesserungen gegenüber den Biokraftstoffen der ersten Generation mit sich bringen können. Dies betrifft die Energiebilanz, die Treibhausgasbilanz, die Flächeneffizienz und nicht zuletzt eine verminderte Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion. Zu Biokraftstoffen der zweiten Generation zählen jene, bei welchen Verfahren zur Anwendung kommen, die eine Nutzung von ganzen Pflanzen, Rest- und Abfallstoffen ermöglichen. Die höheren Produktionskosten je Kraftstoffäquivalent im Vergleich zu Biokraftstoffen der ersten Generation verhinderten jedoch bisher die kommerzielle Erzeugung (OECD 2008). Da fossile Energien endlich sind und weiterhin die landwirtschaftliche Nutzfläche begrenzt ist, müssen Verfahren vorangetrieben werden, welche eine hohe Kraftstoffproduktion mit einer geringst möglichen Umweltbelastung kombinieren. Dies trifft laut neuerlichen Studien im europäischen Kontext unter anderem auf die Produktion von synthetischen Kraftstoffen mittels der Fischer-Tropsch-Synthese, auf Bioethanol aus lignozellulosehaltigen Rohstoffen sowie auf Biomethan aus aufgereinigtem Biogas zu.

Material und Methoden

In dieser Arbeit wurde eine mögliche Einschränkung der Nahrungsmittelproduktion ausgeschlossen. Daher wurde für einen Anbau von Energiepflanzen von dem landwirtschaftlichen Flächenpotential ausgegangen, welches aktuell für die Herstellung von Biodiesel in Baden-Württemberg verwendet wird (28.842 ha). Anhand dieser Fläche wurden alternative Biokraftstoffpfade analysiert. Folgende Pfade wurden betrachtet: Biomethanherstellung aus Energiemais (auf 70 % der Fläche) und Getreidesilagen (auf 30 % der Fläche). Alternativ die Herstellung von BtL-Kraftstoffen sowie Ethanol aus Holz von Kurzumtriebsplantagen (auf 70 % der Fläche) und Miscanthusstroh (auf 30 % der Fläche). Zusätzliches Rohstoffpotential für die Biokraftstoffe auf Lignozellulosebasis ergibt sich aus bisher ungenutztem Stroh, welches unter Berücksichtigung der Bodenfruchtbarkeit bis zu einem gewissen Grad energetisch verwendet werden kann. Das Strohaufkommen, welches in Baden-Württemberg nachhaltig für eine energetische Nutzung zur Verfügung steht, umfasst nach eigenen Berechnungen jährlich rund 421.361 t TM. Für die Herstellung von Biomethan können Grassilagen von Grünlandflächen, die aus der Nutzung genommen wurden, als zusätzliche Rohstoffquelle in Betracht kommen. Nach einer Umfrage bei 35 Landwirtschaftsämtern umfasst die derzeit ungenutzte Grünlandfläche 35.127 ha (Rösch et al. 2007). Es wurde davon ausgegangen, dass lediglich ein Drittel dieser Fläche zur Herstellung von Grassilagen geeignet ist und ein geringes Ertragspotential von 5 t TM ha⁻¹ a⁻¹ aufweist. Die energetischen Wirkungsgrade der Konversionspfade wurden der Literatur entnommen. Zur Abschätzung des Energie-aufwands für den Anbau der Kulturen wurde auf die Datenbank ProBas und Gemis zurückgegriffen.

Ergebnisse und Diskussion

Der Anbau von Miscanthus, Mais und schnellwachsenden Hölzern führt zu den höchsten TM-Erträgen und dadurch zu hohen Energieerträgen. Im Mittel enthält die Maissilage von einem Hektar Erntefläche 263 GJ, Miscanthusstroh enthält 299 GJ ha⁻¹ und Pappelholz erbringt 235 GJ ha⁻¹. Die Umwandlung der in der Biomasse gespeicherten Energie in Kraftstoffenergie erfolgt jedoch je nach Beschaffenheit des Erntegutes und dem sich daraus ergebenden Konversionspfad unterschiedlich effizient. Hier ist das Verfahren der anaeroben Vergärung von feuchtem Erntegut und anschließender Aufbereitung des Rohgases zu Biomethan als besonders günstig anzusehen, da höhere Wirkungsgrade als bei der Herstellung von BtL-Kraftstoffen oder der Herstellung von Ethanol erreicht werden. So folgt, dass die Biomethanherstellung aus Maissilage mit 134,3 GJ ha⁻¹ die höchsten Mengen an Energie je Flächeneinheit bereitstellen kann. Das höchste Gesamtpotential für die Herstellung von alternativen Kraftstoffen für Baden-Württemberg ergibt sich dennoch durch den Pfad der synthetischen Kraftstoffherstellung mittels des BtL-Verfahrens. Dies ist auf die große Menge an ungenutztem Stroh zurückzuführen, welches eine wichtige Rohstoffquelle für den BtL-Prozess darstellen könnte. Alle drei betrachteten Konversionspfade zur Biokraftstoffherstellung führten zu deutlich höheren Energieerträgen auf der zur Verfügung stehenden Fläche als dies durch die Biodieselherstellung aus Rapsöl der Fall ist. Wird die Option der ungenutzten Potentiale aus Grünlandflächen und Reststroh mit einbezogen, so zeigen sich die Vorteile der Biokraftstoffe der zweiten Generation noch deutlicher. Das Gesamtpotential Baden-Württembergs der hier betrachteten Flächen und Rohstoffe beträgt 5.531 TJ bei der Konzentration auf BtL-Kraftstoffe. Ethanol aus lignozellulosehaltigen Rohstoffen könnte eine Gesamtenergie von 4.134 TJ bereitstellen. Der Ausbau der Biogas-erzeugung und anschließenden Veredelung zu Biomethan würde zu einem Energieangebot von 4.001 TJ führen, welches in Form von verflüssigtem Biomethan als Kraftstoff eingesetzt werden kann (Tab.1).

Tab. 1: Drei alternative Szenarien zur Herstellung von Biokraftstoffen und die sich daraus ergebende Energiebereitstellung für Baden-Württemberg

Kraftstoff	Rohstoffbasis	Ertrag [t TM/ha]	Anbauumfang [ha*a]	Energie im Kraftstoff [TJ]	Energiebedarf des Anbaus [TJ]	Energie im Kraftstoff netto [TJ]
Biomethan	Maissilage	14,8	20.189	3.118	408	2.711
	Getreide-GPS	12,0	8.653	904	132	772
	Grassilage	5,0	11.708	550	31	518
	gesamt			4.572	571	4.001
BtL-Kraftstoff	schnellwachsende Gehölze	12,8	20.189	1.848	116	1.732
	Miscanthus	17,0	8.653	1.002	84	917
	Getreidestroh	4,7	89.083	2.906	25	2.882
	gesamt			5.756	225	5.531
Ethanol	schnellwachsende Gehölze	12,8	20.189	1.421	116	1.305
	Miscanthus	17,0	8.653	777	84	692
	Getreidestroh	4,7	89.083	2.187	49	2.138
	gesamt			4.384	250	4.134
Biodiesel	Rapskorn	3,2	28.842	1.498	395	1.103

Literatur

- OECD, IEA 2008: From 1st- to 2nd-generation biofuel technologies, an overview of current industry and RD&D activities, Paris.
- Rösch C.; K. Raab; J. Skarka und V. Stelzer 2007: Energie aus dem Grünland – eine nachhaltige Entwicklung?. Karlsruhe. FZKA 7333.

Auswirkungen des Anbaus von Energieholz in Kurzumtriebsplantagen auf ausgewählte biologische Bodeneigenschaften

Anne-Kristin Schmitt, Sabine Tischer, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Erneuerbare Energien stehen im Rahmen der fortlaufenden Klimaschutzanstrengungen, der knapper werdenden fossilen Energieressourcen sowie der steigenden Energiepreise vermehrt im Mittelpunkt der politischen und energiewirtschaftlichen Erörterungen. Die Ziele der EU zur Senkung der CO₂-Emission haben die Diskussion um die Nutzung der Bioenergie verstärkt (BMU 2006). Dabei erlebt Holz eine Renaissance als Energieträger. Bezüglich der Nutzung schnellwachsender Bäume als Energieträger gibt es eine Reihe von Einzeluntersuchungen. Dabei liegt das Hauptaugenmerk zumeist auf pflanzenbaulichen, technogenen oder energetischen Aspekten. Da über die Veränderungen der bodenbiologischen Bedingungen für das mitteldeutsche Trockengebiet bisher keine hinreichend genauen Angaben vorliegen, sollen in diesem Beitrag erste Ergebnisse mitgeteilt werden.

Material und Methoden

In der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt/Etzdorf (Bodentyp Normtschernosem, Bodenart stark toniger Schluff) des Instituts für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg wurde im Jahr 2000 mit einem Langzeitversuch zur Untersuchung von schnellwachsenden Bäumen zur Energiegewinnung in sogenannten Kurzumtriebsplantagen begonnen. Der Versuch besteht aus folgenden Varianten: zwei schnellwachsende Baumarten Korbweide (*Salix viminalis* spp.) und Pappel (*Populus nigra* spp.), ein perennierendes Gras (*Miscanthus sinensis*), Grünland (Weidelgrasgemisch) und Ackernutzung (Fruchtfolge W-Raps/W-Weizen/Triticale). Nach einer Laufzeit von vier Jahren wurden erstmals biologische Bodenparameter ermittelt. Der mikrobielle Status der Böden wurde anhand des in der mikrobiellen Biomasse gebundenen Kohlenstoffs und der Enzymaktivitäten β -Glucosidase und Katalase erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Bereits nach vier Versuchsjahren kommt es zu Differenzierungen im mikrobiellen Biomasse-Gehalt (C_{mic}). Im Vergleich zur Ackernutzung können erhöhte Gehalte an mikrobieller Biomasse in den oberen 0-5 cm Bodenschichten unter den schnellwachsenden Baumarten festgestellt werden (Tab. 1). Dabei zeigt vor allem die Korbweide eine fast doppelt so hohe Menge an mikrobieller Biomasse in der Oberkrume. Die Messung des mikrobiellen Biomasse-C ergibt für alle Dauerkulturen eine deutliche Differenzierung zwischen Ober- und Unterkrume. Im Oberboden (0-5 cm) ist die mikrobielle Biomasse, bedingt durch die nichtwendende Bodenbearbeitung und die anfallende Blatt- und Wurzelstreu, für Grünland, Korbweide und Pappel erhöht. Ab 5 cm Bodentiefe nimmt der Biomassegehalt kontinuierlich ab. Es ergibt sich eine tiefenbezogene Reduzierung der mikrobiellen Biomasse. Die vertikale Verteilung der mikrobiellen Biomasse folgt im Allgemeinen der Verteilung des organischen Kohlenstoffs (Schmitt et al. 2005). Die Messung der Basalatmung (hier nicht dargestellt) bringt tendenziell ähnlich lautende Befunde wie der C_{mic} -Gehalt. Detaillierte Ergebnisse werden hierzu von Schmitt (2007) vorgestellt.

Tab. 1: Einfluss des Energiepflanzenanbaus auf die mikrobielle Biomasse in verschiedenen Bodentiefen

Nutzungsart	Mikrobielle Biomasse [$\mu\text{g C g}^{-1}$ TS] in den Bodentiefen [cm]				
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40
Acker	172,6 c (a)	199,5 b (a)	183,2 a (a)	184,3 a (a)	106,1 a (a)
Grünland	508,1 a (a)	430,1 a (a)	191,3 a (b)	154,4 a (bc)	74,7 a (c)
Korbweide	294,3 b (a)	169,6 b (b)	159,9 a (b)	120,5 a (b)	81,7 a (b)
Pappel	230,3 bc (a)	137,9 b (a)	117,2 a (b)	116,8 a (b)	149,2 a (ab)

Unterschiedliche Buchstaben an den Daten zeigen statistisch gesicherte Unterschiede ($p < 0,05$); ohne Klammern innerhalb Tiefenstufe zwischen den verschiedenen Varianten; mit Klammern innerhalb einer Variante

Die Ackernutzung ist im gesamten Krumenbereich durch niedrige Katalasegehalte und mittlere β -Glucosidaseaktivitäten gekennzeichnet. Bei den schnellwachsenden Bäumen muss zwischen Ober- und Unterboden unterschieden werden. Wie in den Abbildungen 1 und 2 zu erkennen ist, zeigen β -Glucosidaseaktivität und Katalase bereits nach vier Versuchsjahren einen deutlich ausgeprägten Tiefengradienten. Ist die Oberkrume bei Grünland, Korbweide und Pappel noch durch sehr hohe Enzymaktivitäten geprägt, zeigen sich in den tieferen Bodenschichten nur noch niedrige Katalase- und mittlere β -Glucosidasegehalte. Enge positive Korrelationen ergeben sich zwischen der mikrobiellen Biomasse und den Enzymaktivitäten. Weitere Untersuchungsergebnisse teilen hierzu Tischer et al. (2005) mit.

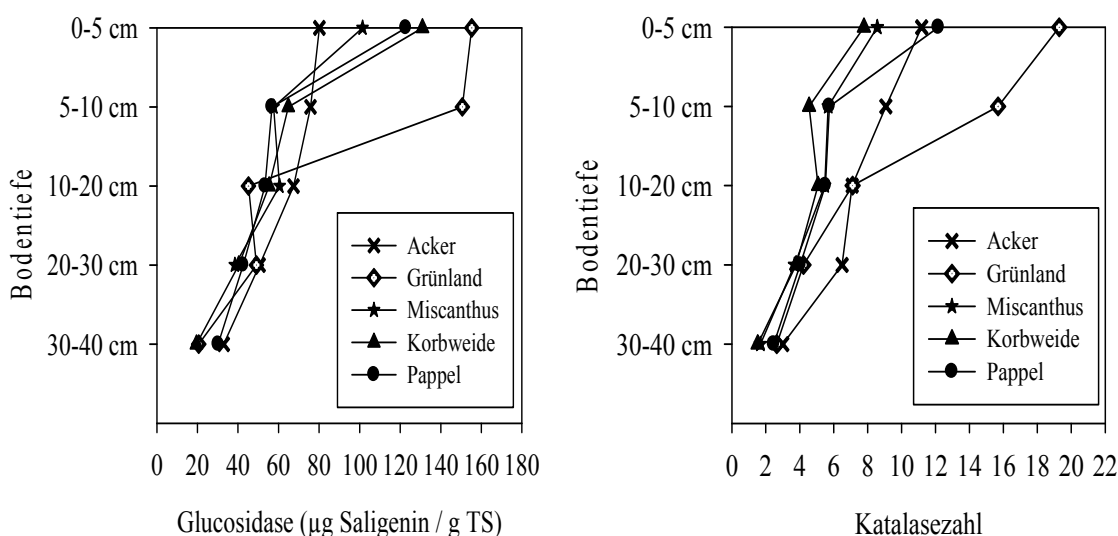


Abb. 1 u. 2: β -Glucosidaseaktivität und Katalase bei unterschiedlicher Nutzung und Bodentiefe

Literatur

- Tischer, S.; A.-K. Schmitt; B. Hofmann; H. Tanneberg und O. Christen 2005: Auswirkungen des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen auf bodenbiologische Aktivitäten auf einer Löss-Schwarzerde im Mitteldeutschen Trockengebiet. VDLUFA-Schriftenr., Kongressband Bonn.
- Schmitt, A.-K.; S. Ulrich; S. Tischer; H. Tanneberg; B. Hofmann; O. Christen; G.-W. Rathke und W. Diepenbrock 2005: Auswirkungen des Energiepflanzenbaus auf C-Gehalt und physikalische Bodeneigenschaften. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17: 317-318.
- Schmitt, A.-K. 2007: Auswirkungen des mehrjährigen Anbaus von Energiepflanzen auf ausgewählte physikalische, chemische und biologische Bodeneigenschaften einer Löß-Schwarzerde im Mitteldeutschen Trockengebiet. Martin-Luther-Univ., Inst. Agrar- und Ernährungswiss., Diplomarbeit.

Wurzeltiefgang und Pflanzenentwicklung von Winterrapsgenotypen bei verschiedenen Saattiefen

Barbara Elste, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Mit der Züchtung von Halbzwerghybriden entstanden Rapsorten, die in ihrer Sprosslänge gegenüber den traditionellen Liniensorten deutlich kürzer sind. Dieser veränderte Habitus verleiht diesen Sorten eine bessere Standfestigkeit und erspart den Einsatz von Wachstumsregulatoren.

Über die Wirkung unterschiedlicher Sortentypen auf die Pflanzenentwicklung liegen für die Bedingungen des mitteldeutschen Trockengebietes nur vereinzelt Ergebnisse vor. In dieser Arbeit sollen Aussagen zu Pflanzenentwicklung (Blattanzahl und Wurzelhalsdurchmesser), Samenertrag und Inhaltsstoffen (Öl-, Protein- und Glucosinolatgehalt) mitgeteilt und hauptsächlich die Frage geklärt werden, ob mit der Reduktion der Länge des Sprosses bei den Halbzwerghybriden zugleich auch Auswirkungen auf den Wurzeltiefgang zu erwarten sind.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 2005 bis 2007 in der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt (134 m NN, langj. Jahresniederschlag 484 mm, langj. Jahresmitteltemperatur 8,8 °C) der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt. Bodentypologisch handelt es sich bei dem Standort im mitteldeutschen Trockengebiet um einen Normtschernosem (Haplic Chernozem) mit der Bodenart stark toniger Schluff (Ut4, 21 % Ton, 68 % Schluff, C_{org} 2.1 M.-%) im Ap-Horizont.

In die Untersuchungen wurden folgende Faktoren einbezogen (Versuchsanlage: zweifaktorielle Spaltanlage mit 4 Wiederholungen):

Prüffaktor A – Sortentyp	Prüffaktor B – Saattiefe
A1 – Liniensorte Trabant	B1 – 25 keimf. Samen je m ²
A2 – Halbzwerghybride PR 45D01	B2 – 35 keimf. Samen je m ²
A3 – Halbzwerghybride „Stamm“	B3 – 65 keimf. Samen je m ²

Die anbautechnischen Maßnahmen (Reihenweite 24 cm, Düngung, Pflanzenschutz u. a.) wurden als fixe Faktoren auf der Versuchsfläche einheitlich gestaltet.

Zur Beobachtung der Durchwurzelungstiefe fand die von Ehlers und Goss (2003) beschriebene nicht destruktive Minirhizotronmethode Anwendung. Die 2 m langen transparenten Plexiglasrohre (Durchmesser innen 64 mm) wurden dabei im Winkel von 45 ° in Längsrichtung direkt unter die Rapsreihen platziert. Wöchentlich wurden die vertikal auf die Rohre treffenden Wurzeln erfasst und der zeitabhängige Verlauf der Durchwurzelungstiefe mittels der Sigmoidalfunktion $y = y_0 + a / (1 + e^{-(x-x_0)/b})$ unter Verwendung des Programms SAS (Version 8.02) dargestellt (Elste 2009).

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Versuchsjahren wurden vor Wintereintritt mittlere Durchwurzelungstiefen von 50–60 cm, in einigen Fällen sogar über 60 cm nachgewiesen. Bereits nach 50 bis 60 Aufgangstagen waren die Rapswurzeln im Herbst 2006 (Erntejahr 2007) mit einer Durchwurzelungsgeschwindigkeit von 0,79 cm/d in eine Tiefe von 40 cm vorgedrungen (Tab. 1). Ähnliche Größenordnungen waren bei der vertikalen Ausbreitungsge-

schwindigkeit der Wurzeln auch im Herbst des Vorjahres (0,73 cm/d) festzustellen. Wachstumsrelevante Unterschiede wurden zwischen den einzelnen Genotypen nicht beobachtet. Damit wird deutlich, dass die bei den Halbzwerghybriden genotypisch hervorgerufene Stauchung der Sprossachse zu keinen Einschränkungen im Wurzeltiefgang führt. In beiden Versuchsjahren treten übereinstimmend zu verschiedenen Terminen mit steigender Saattiefe tendenziell größere Durchwurzelungstiefen und Durchwurzelungsgeschwindigkeiten auf.

Tab. 1: Mittlere Wurzeltiefe und Durchwurzelungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Genotyp und Saattiefe im Herbst 2006

Genotyp	mittl. Wurzeltiefe [cm] vor Winter ¹⁾			Tage z. Erreichen Wurzeltiefe 40 cm			mittl. Durchwurzelungsgeschw. [cm/d] ²⁾		
	25	35	65 ³⁾	25	35	65 ³⁾	25	35	65 ³⁾
Linien-sort	53.6	51.5	53.8	59.2	52.5	58.3	0.75	0.86	0.76
Halbzw. PR40D01	48.8	50.7	55.0	70.2	72.5	54.6	0.62	0.60	0.82
Halbzw. „Stamm“	52.8	54.6	53.4	51,6	49.2	51.2	0.88	0.93	0.88
Mittel	51.7	52.3	54.1	60.3	58.1	54.7	0.75	0.80	0.82

¹⁾ mittlere Durchwurzelungstiefe vor Wintereintritt (90 Tage nach Aussaat), ²⁾ mittlere Durchwurzelungsgeschwindigkeit [cm/d] zwischen Aufgang und Erreichen der Durchwurzelungstiefe von 40 cm, ³⁾ Saattiefe [keimf. Samen/m²]

Durch die größere Bestandesdichte werden das Bodenwasser und die Nährstoffe in der Krume stark in Anspruch genommen und die vorhandenen pflanzenverfügbaren Vorräte somit schnell erschöpft. Die Rapspflanzen reagieren darauf zur Deckung des Bedarfes mit einem intensiven Wurzelwachstum und erschließen auf diese Weise die Wasser- und Nährstoffreserven in größeren Tiefen des Bodenprofils.

Tab. 2: Blattanzahl und Wurzeldurchmesser vor Winterbeginn 2006

Genotyp	Blattanzahl [Stück]				Wurzelhalsdurchmesser [mm]			
	25	35	65 ¹⁾	Mittel	25	35	65 ¹⁾	Mittel
Linien-sort	8.7	6.8	5.7	7.1 a	10.2	8.3	6.9	8.5 a
Halbzw. PR40D01	6.9	5.5	4.5	5.6 b	10.9	9.1	7.2	9.1 b
Halbzw. „Stamm“	6.2	5.2	4.9	5.4 b	10.4	9.0	8.6	9.3 b
Mittel	7.3 a	5.8 b	5.0 b		10.5a	8.8 b	7.6 c	

¹⁾ Saattiefe [keimf. Samen/m²], verschiedene Kleinbuchstaben charakterisieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten

Wurzelhalsdurchmesser und Blattanzahl zum Ende der Vegetation im Herbst wurden wesentlich durch jahresbedingte Effekte beeinflusst. Zwischen den Genotypen traten bei allgemein guter Vorwinterentwicklung zumeist keine wesentlichen Abweichungen auf. Dagegen wirkte sich die Saattiefe im Versuchszeitraum deutlich stärker auf die genannten Parameter aus (Tab. 2). Mit steigender Saattiefe verringerten sich Blattanzahl und Wurzelhalsdurchmesser. Insgesamt führten die Versuche in den einzelnen Jahren zwischen den Genotypen und Saattichten bei unterschiedlicher Ertragsstruktur (abnehmende Triebe 1. und 2. Ordnung und Schotenzahlen bei diesen Trieben mit zunehmender Saattiefe) zu vergleichbaren Samenerträgen und Sameninhaltsstoffen (Öl-, Protein- und Glucosinolatgehalt).

Literatur

- Ehlers, W. und M. Goss 2003: Water dynamics in plant production. CABI publishing. 52-54.
 Elste, B. 2008: Wirkung der Saattiefe auf Wurzeltiefgang, Pflanzenentwicklung und Ertrags-eigenschaften bei verschiedenen Winterraps-genotypen. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Diplomarbeit.

Bodendichteabhängiges Penetrationsvermögen von Winterraps- genotypen unter Modellbedingungen in der Klimakammer

Irene Jacob, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Fortschritte in der Rapszüchtung führten nicht nur zur Steigerung der Erträge und der Samenqualität, sondern sie brachten auch morphologische Veränderungen in Form von Kurzstrohsorten hervor. Es ist wenig darüber bekannt, wie sich die Verkürzung der Wuchslänge bei Winterraps auf das Durchwurzelungsverhalten, insbesondere die Perforationsleistung bei verdichteten Böden, auswirkt. Erste Ergebnisse wurden hierzu von Heinichen et al. (2006) vorgestellt. Mit steigender Trockenrohdichte nahm dabei die Durchwurzelungsintensität deutlich ab. Zwischen den Sortentypen (Linien-sorten, Hybriden) waren jedoch nur tendenzielle Differenzierungen nachweisbar.

Mit der Erweiterung des Sortentypenspektrums, vor allem durch die Einbeziehung einer Zwerg-Inzuchtlinie, soll untersucht werden, inwieweit mit der extremen Stauung des Sprosses (30 % zu herkömmlichen Genotypen) die bodenstrukturabhängige Durchwurzelung beeinflusst wird. In Freilanduntersuchungen (Holter et al. 2009) wiesen die Zwergform und bemerkenswerter Weise auch die Normalstrohybride vor Winterbeginn eine geringere Durchwurzelungstiefe als die durch unterschiedliche Züchtungsverfahren erzeugten Halbzwerghybriden auf.

Material und Methoden

Zur Bestimmung des Wurzelpenetrationsvermögens fand die von Dannowski (1983) beschriebene Labortestmethode Anwendung, die geringfügig modifiziert wurde. Es wurden Vegetationsgefäße mit einem Volumen von 100 cm³ und einer entsprechenden Grundfläche von 25 cm² verwendet. Als Substrat kam Boden des Julius-Kühn-Feldes Halle mit der Bodenart Lehmsand (SI3, 9,6 % Ton, 28,1 % Schluff, 1,26 % C_t, Standarddichte 1,82 g/cm³ bei optimaler Feuchte von 11,8 M.-%) zum Einsatz.

In die genannten Vegetationsgefäße wurde das Substrat eingefüllt, mittels einer mechanischen Vorrichtung auf Trockenrohdichten (TRD) von 1,50, 1,60, 1,70, 1,75 bzw. 1,80 g/cm³ (spezielle Wurzeluntersuchungen im Bereich der Wurzelspitze) verdichtet und nach Aufsättigung zur Einstellung vergleichbarer Wassergehalte mit der Druckmembranapparatur bei pF 2,5 entwässert. In die vorbereiteten Gefäße wurden jeweils 7 vorgekeimte Rapssamen (Vorkeimzeit 2 Tage) ausgebracht und als Evaporationsschutz mit 15 mm Sand bedeckt. 12 Tage nach Aufgang der Pflanzen (Klimakammerbedingungen während des Versuches: Lichtintensität 420 μmol/m² s⁻¹, Beleuchtungsdauer/Temperatur – Tag 14 h / 15 °C, Nacht 10 h / 12 °C, rel. Luftfeuchte 85 %) wurden der Versuch beendet und die Parameter Pflanzenaufgang, Anzahl der Wurzelpassagen, Wurzelzopflänge, Trockenmasse Wurzel sowie Blatt/Stängel, Wurzelhalsdurchmesser und der Wurzeldurchmesser im Bereich der Wurzelspitze unter Verwendung des Bildbearbeitungsprogramms Lucia bestimmt.

In die Untersuchungen wurden nachfolgende Genotypen einbezogen, die sich bezüglich der Wuchslänge wesentlich voneinander unterscheiden: Zwerg-Inzuchtlinie, Normalstrohybride, Halbzwerghybride PR 45D01 und die Halbzwerghybride „Stamm“. Die statistische Auswertung der Versuchsdaten erfolgte mittels Varianzanalyse (Tukey-Test, p 0,05).

Ergebnisse und Diskussion

Raps reagiert bekanntlich empfindlich auf Bodenverdichtungen. Es kommt dann zu Verkrümmungen und Stauchungen sowie Wurzelquerschnittsanomalien der Pfahlwurzel. Einschränkungen im Wurzelwachstum treten bei den untersuchten Genotypen ausnahmslos im TRD-Bereich über 1,70 g/cm³ auf. Aus den Untersuchungen ergeben sich signifikante Wachstumsbegrenzungen für das Prüfsubstrat (Lehmsandboden) bei Grobporenvolumen < 15 Vol.-%, Luftkapazitäten < 6,6 Vol.-%, kf-Werten < 10 cm/d und Luftleitfähigkeiten < 1cm/s.

Tab. 1: Mittlere Wurzelpassagen je Pflanze bei unterschiedlicher Trockenrohdichte

Genotyp	Trockenrohdichte [g/cm ³]				Mittel
	1,50	1,60	1,70	1,75	
Zwerg-Inzuchtlinie	1,5	1,9	1,6	0,8	1,5 a
Normalstrohhybride	1,8	1,8	1,8	1,2	1,6 a
Halbzwerghybride PR 45D01	2,1	1,9	1,7	1,4	1,8 b
Halbzwerghybride „Stamm“	2,0	1,8	2,0	1,6	1,9 b
Mittel	1,9 a	1,9 a	1,8 a	1,3 b	

Mit zunehmender Trockenrohdichte (TRD) des Bodens nehmen die Wurzelpassagen ab (Tab. 1). Ein besonders großer Abfall tritt bei TRD-Werten von 1,75 g/cm³ ein. Hier ist gegenüber den Halbzwergen die Abnahme der Wurzelpassagen bei der Zwerg-Inzuchtlinie und auch der Normalstrohhybride besonders stark ausgeprägt. Sie können stärkere Bodenverdichtungen offensichtlich weniger tolerieren. Dieser Sachverhalt wird durch die Verminderung der Wurzelzopflängen bei der Zwerg-Inzuchtlinie bestätigt, die gegenüber den Vergleichsvarianten bei den geprüften Bodendichtestufen durchgängig zu beobachten ist.

Auch bei den übrigen Parametern, wie Wurzelzopflänge, Wurzelhalsdurchmesser, Wurzeldurchmesser im Bereich der Wurzelspitze, Wurzel-, Blatt/Stängel- und Gesamttrockenmasse der Pflanzen sind im hohen TRD-Bereich gegenüber optimalen Bodengefügewerten deutliche Abnahmen zu verzeichnen. Gravierende Unterschiede zwischen den Genotypen wurden infolge der großen Messwertvariabilität zumeist nicht nachgewiesen. Das Durchwurzelungsverhalten der Halbzwerghybriden ist dem der Normalstrohhybride zumindest vergleichbar. Es ist also a priori nicht davon auszugehen, dass mit der Verminderung der Wuchslänge auch gleichzeitig die Durchwurzelungseigenschaften ungünstig beeinflusst werden. Die in der Klimakammer ermittelten Ergebnisse wurden von Holter et al. (2009) in Freilanduntersuchungen auf Löss-Schwarzerde bekräftigt. Bemerkenswert ist dabei die Tatsache, dass beide Halbzwergge, die durch unterschiedliche Züchtungsverfahren entstanden sind, im Hinblick auf das Wurzelwachstum in ähnlicher Weise reagieren.

Die angewandte Labormethode ist zur Prüfung der genannten Fragestellung geeignet. Reproduzierbare Aussagen erfordern die Sicherung eines gleichmäßigen Pflanzenaufgangs und das Einhalten vergleichbarer Bodenfeuchten.

Literatur

- Dannowski, M. 1983: Methode zur Ermittlung der Durchwurzelbarkeit unterschiedlich verdichteten Bodens. Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss. Berlin 215: 165-172.
- Heinichen, K.; S. Ulrich; B. Hofmann & O. Christen 2006: Zur bodendichteabhängigen Wurzelpenetration von verschiedenen Winterraps genotypen (*Brassica napus* L.). Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18: 48-49.
- Holter, S.; B. Hofmann und O. Christen 2009: Durchwurzelungsverhalten und Pflanzenentwicklung von unterschiedlichen Wuchstypen bei Winterraps. Raps 27, H. 2: 1-3.

Überdauerung von Rapssamen (*Brassica napus* L.) in verschiedenen Bodenarten

Kirstin Frick, Albrecht Weber, Sabine Gruber & Wilhelm Claupein

Einleitung

Rapssamen haben die Fähigkeit, unter bestimmten Umweltbedingungen und aufgrund einer genetischen Disposition sekundäre Dormanz auszubilden. Die Samen können so im Boden mehrere Jahre überdauern und als Durchwuchsrap in folgenden Kulturen auflaufen (Gruber et al., 2004). Dadurch kann es zu unerwünschten Beimischungen oder Auskreuzungen kommen. In den letzten Jahren sind vermehrt Genotypen mit veränderten Inhaltsstoffen in der Diskussion. Es ist zu prüfen, ob eine Veränderung der Inhaltsstoffe eine Auswirkung auf die Überdauerungsfähigkeit der Rapssamen hat. Weiterhin ist eine offene Frage, welchen Einfluss die Bodenart auf die Samenüberdauerung hat. Im Rahmen eines Projektes wurde die Überdauerungsneigung von verschiedenen Rapsgenotypen mit unterschiedlicher Inhaltsstoffzusammensetzung in verschiedenen Bodenarten untersucht.

Material und Methoden

In den Bodenarten (Sl, Lt, Tu) wurden zwei gentechnisch veränderte Sommerraplinien mit reduziertem Gehalt an Sinapinester bzw. Resveratrol als neuen Inhaltsstoff mit ihren nah-isogenen, nicht gentechnisch veränderten Empfängersorten sowie zwei konventionelle Linien mit veränderter Samenfarbe, mit verschieden dicker Samenschale, mit reduziertem Linolensäuregehalt und zwei langjährig beschriebene Referenzsorten auf der Versuchsstation „Ihinger Hof“ 10 cm tief eingebracht. Dazu wurden je Bodenart 3 x 500 Samen in Stoffsäckchen eingenäht und für sechs Monate in einer S1-Anlage vergraben. Die Ausgrabung und Bestimmung der Anzahl der bis dahin überdauernden, keimfähigen Samen erfolgte im Frühjahr 2009. Die statistische Auswertung wurde mit der SAS-Prozedur für generalisierte Lineare Modelle (Piepho, 1998) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Es trat eine sortenbedingte Variation der Überdauerungsneigung mit zum Teil hoch signifikanten Unterschieden zwischen den Sorten auf (Abb. 1). Bei der Vergrabung überdauernden zwischen 7 und 96 % der Samen. Es zeigte sich, dass die transgenen Sorten ein vergleichsweise hohes Potential zur Samenüberdauerung im Boden hatten, sich jedoch nicht von ihren nah-isogenen Linien unterschieden. Der Anteil der überdauernden Samen mit dickerer Samenschale war höher als bei Samen mit dünnerer Samenschale. Die Linien mit vermindertem Linolensäuregehalt unterschieden sich nicht. Eine generelle Aussage über den Einfluss dieser Veränderungen der Inhaltsstoffe im Rapssamen auf ihre Überdauerungsfähigkeit im Boden lässt sich bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht treffen.

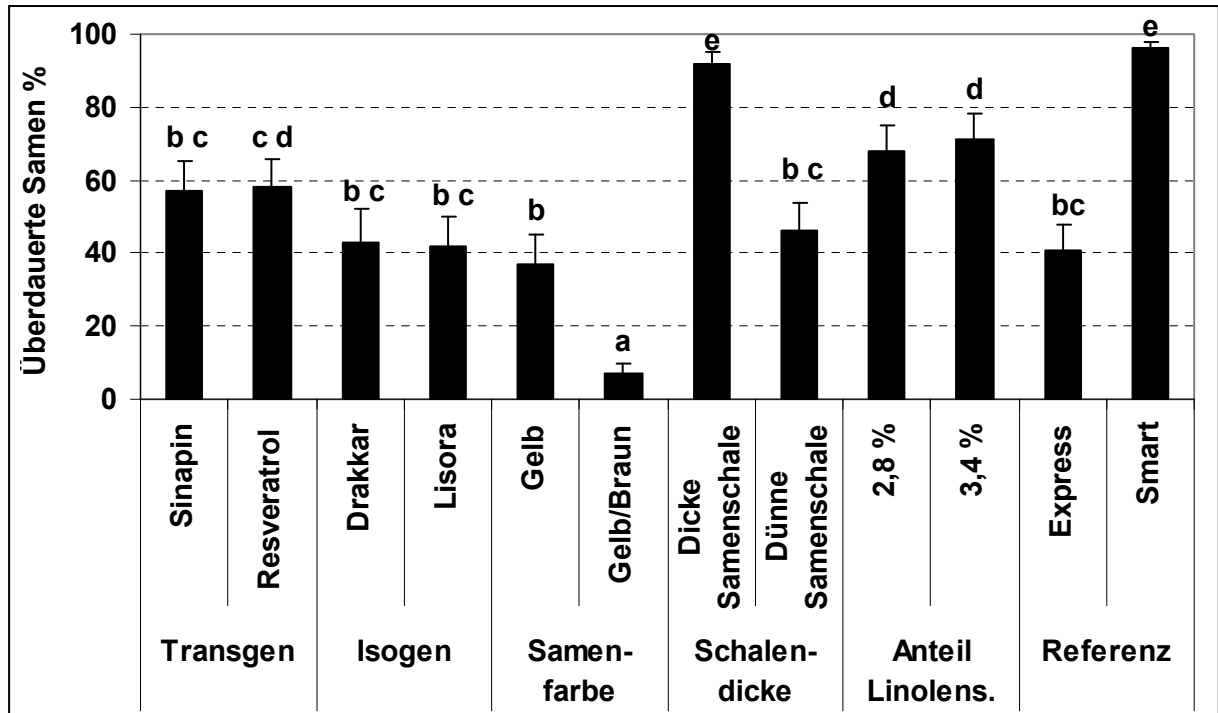


Abb. 1: Samenüberdauerung in S1-Anlage; $p < 0,05$; Fehlerbalken=Standardfehler

Weiterhin zeigte sich, dass die Überdauerung der Samen im Boden auch von der Bodenart beeinflusst wurde. Böden mit einem höheren Tongehalt führten zu einer höheren Samenüberdauerung im Boden (Abb. 2). Eine mögliche Ursache könnte sein, dass eine eingeschränkte Wasserführung und eine geringere Durchlüftung des Bodens die Ausbildung sekundärer Dormanz fördert, so dass dadurch eine größere Anzahl von Samen im Boden überdauert.

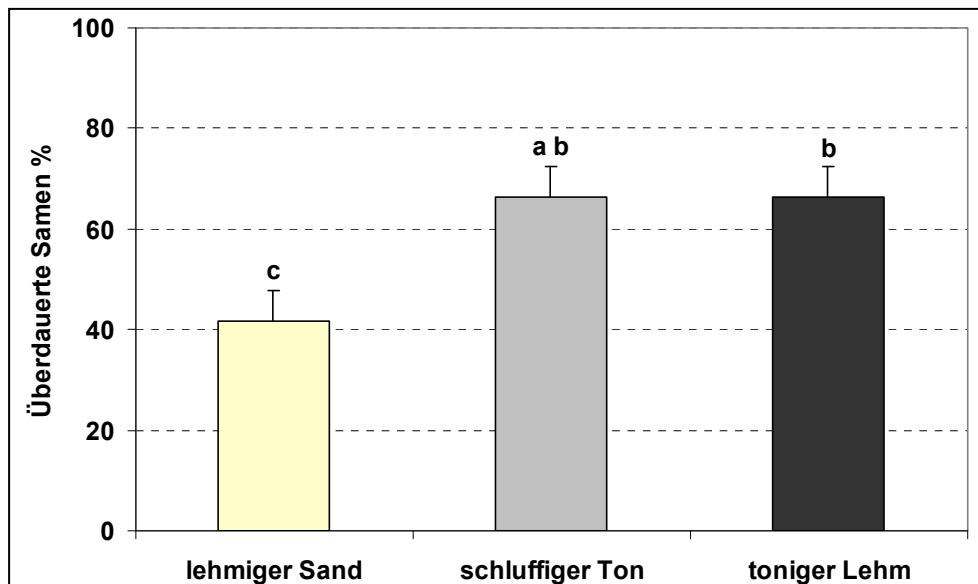


Abb. 2: Samenüberdauerung in verschiedenen Böden; $p < 0,05$; Fehlerbalken=Standardfehler

Literatur

- Gruber, S.; C. Pekrun und W. Claupein 2004: Seed persistence of oilseed rape (*Brassica napus*) variation in transgenic and conventionally bred cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 142: 29-40.
 Piepho, H.-P. 1998: *Zeitschrift für Agrarinformatik*, 2: 26-37.

Entwicklung eines Schätzrahmens für Durchwuchsrapss auf Praxisflächen – Erste Ergebnisse zu Ausfallverlusten und Bodensamenvorrat

Ernst Albrecht Weber, Kirstin Frick, Sabine Gruber & Wilhelm Claupein

Einleitung

Beim Drusch ausgefallene Rapssamen, die im Boden unter bestimmten Bedingungen sekundäre Dormanz entwickeln und in diesem Zustand mehrere Jahre im Boden zu überdauern vermögen, können in Folgefrüchten Durchwuchsprobleme verursachen. Im Hinblick auf den Anbau von transgenem Raps bergen aus dem Bodensamenvorrat auflaufende Rapspflanzen zusätzlich das Potenzial von unerwünschtem Gentransfer, wenn sie zur Blüte bzw. Samenbildung kommen. In einer On-Farm-Studie wurden im Sommer 2008 auf Praxisschlägen in verschiedenen Regionen Baden-Württembergs Ausfallverluste beim Winterrapsdrusch konventioneller Sorten erfasst. Zur Beurteilung der Überdauerungsfähigkeit wurde der Bodensamenvorrat von Raps in der ersten Nachfrucht zu Vegetationsbeginn 2009 bestimmt. Ziel der Untersuchung ist die Erstellung eines auf Praxisdaten basierenden Schätzrahmens, der zeitnah zur jeweiligen Ernte die Abschätzung des individuellen, flächenspezifischen Durchwuchspotenzials erlaubt.

Material und Methoden

Im Rahmen der Untersuchungen wurden 23 Praxisflächen in den Regionen Stuttgart, Gäu, Hohenlohe, Ostalb und Schwarzwald-Baar beprobt. Folgende Winterrapsorten waren vertreten: Aviso, Baldur, Elektra, Lorenz, NK Fair, Pacific, PR 45 D03, Titan, Trabant, Vision und Zeppelin. Die Ausfallverluste beim Rapsdrusch wurden kurz nach dem Drusch mit einem Industriestaubsauger erfasst. An 4 zufällig gewählten Stellen pro Rapsschlag wurde in Druschrichtung eine Fläche von jeweils 0,25 m × Mähdrescherarbeitsbreite in m abgesaugt. Die Proben wurden anschließend bei ca. 60°C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Das Aussortieren der Rapssamen aus der Saugprobe erfolgte nach Sieben und Windsichtung von Hand. Die Keimfähigkeit der Ausfallsamen wurde im Labor an jeweils 50 Samen in 4 Wiederholungen pro Praxisfläche geprüft. Druschproben wurden mit dem Hohenheimer Dormanztest (Gruber et al. 2008) auf ihre Neigung zur Ausbildung sekundärer Dormanz geprüft. Der Bodensamenvorrat in der Nachfrucht wurde aus Bodenproben, die im Frühjahr 2009 mit einem Bohrstock (Ø 1,2 mm) mit 40 Einstichen pro Schlag (0-30 cm Tiefe) gezogen wurden, durch Auswaschen ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ausfallverluste auf den beprobten Praxisflächen variierten zwischen den Betrieben in einem weiten Bereich von ca. 2.200 bis 9.500 Samen m⁻² und lagen im Mittel bei ca. 4.700 Samen m⁻² (Abb. 1). Diese Zahlen bewegen sich in ähnlichen Bereichen, die auch von anderen Autoren ermittelt wurden (vgl. Pekrun et al. 1998). Zwischen der Schneidwerksarbeitsbreite der Mähdrescher und der Höhe der Ausfallverluste konnte keine enge Beziehung festgestellt werden. Die Ausfallsamen besaßen eine hohe Keimfähigkeit zwischen 85 bis 100 % (nicht dargestellt).

Die aus Druschproben im Labor innerhalb der ersten Woche nach dem Drusch bestimmte Dormanz lag in Abhängigkeit von der Sorte und Herkunft zwischen 11 und 78 %.

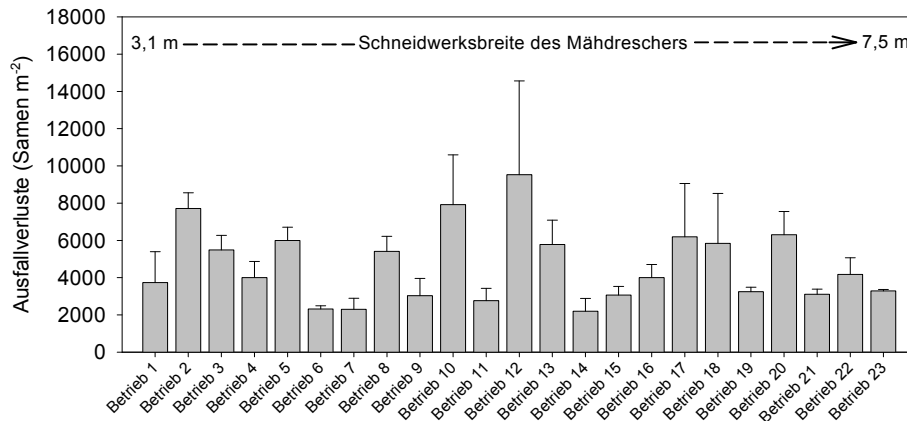


Abb. 1: Ausfallverluste beim Rapsdrusch auf 23 Praxisschlägen in Baden-Württemberg im Jahr 2008. Fehlerbalken = Standardabweichung.

Der im Frühjahr bestimmte Bodensamenvorrat an Rapssamen variierte zwischen 0 und ca. 660 Samen m⁻² und lag im Mittel bei 259 Samen m⁻². Die Ausfallverluste korrelierten nur schwach mit dem Bodensamenvorrat im Boden (Abb. 2). Jedoch deutet sich an, dass mit steigenden Ausfallverlusten tendenziell eine Zunahme des Bodensamenvorrats einhergehen kann.

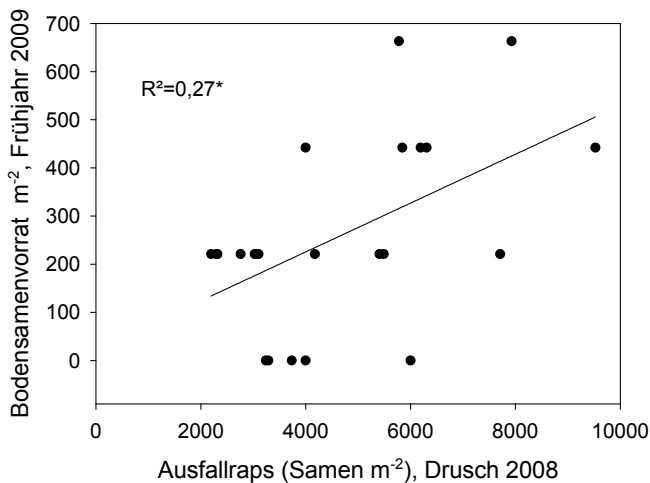


Abb. 2: Beziehung zwischen der Menge an Ausfallraps nach dem Drusch 2008 und dem Rapsbodensamenvorrat (0-30 cm) im Frühjahr 2009.

Die Daten sollen in einem weiteren Schritt unter Einbeziehung von Standortaspekten, des genotypischen Potenzials zur Ausbildung sekundärer Dormanz sowie von Informationen zur jeweiligen Bodenbearbeitung in einen Schätzrahmen einfließen, der Prognosen über den Bodensamenvorrat und letztlich das Durchwuchspotenzial von Flächen ermöglicht.

Literatur

- Gruber, S.; K. Emrich und W. Claupein 2008: Managing the soil seed bank of oilseed rape by tillage and genotype selection – a survey of three project years. Die Bodenkultur 59, 91-99.
- Pekrun, C.; P.J. Lutman und K. Baeumer 1998: Research on volunteer rape: a review. Pflanzenbauwissenschaften 2, 84-90.

Genetische Hintergründe zur Langlebigkeit von Gerste

Manuela Nagel & Andreas Börner

Einleitung

Die Kulturgerste (*Hordeum vulgare* L.) zählt zu den ältesten bekannten landwirtschaftlich genutzten Pflanzen, welche bereits 10.500 v. Chr. im Vorderen Orient nachgewiesen wurden. Mit einer Anbaufläche von rund 55 Millionen Hektar und einem geschätzten Ertrag (FAO, 2007) von rund 130 Millionen t gehört sie mit zu den wichtigsten Getreidearten weltweit. Die Bundeszentrale *ex situ* Genbank in Gatersleben trägt mit einer Gerstenkollektion von rund 21.000 Akzession zur Erhaltung dieser wichtigen pflanzengenetischen Ressource bei. Bei 0°C wird das Saatgut über Jahrzehnte in den Kühlzellen aufbewahrt. Die Lebensfähigkeit dieser vielfältigen Saatgutmuster ist jedoch nicht unendlich. Im Besonderen existieren Unterschiede in der Langlebigkeit der einzelnen Genotypen. So besitzt der größte Teil der Akzessionen nach einer 34-jährigen Lagerung noch eine Keimfähigkeit von über 90 %. Vereinzelt sind allerdings Keimfähigkeiten von unter 10 % vorhanden (Nagel et al. 2009).

Anhand der Oregon Wolfe Barley (OWB) Kartierungspopulation sollen in der folgenden Studie die genetischen Hintergründe dieser Variabilität in der Langlebigkeit von Samen näher beleuchtet werden. Die auf EST (expressed sequence tag) Marker basierte Transkriptionskarte (Stein et al. 2007) stellt dabei eine Beziehung zwischen vorhandenen Quantitativen Trait Loci (QTLs) und bekannten Genfunktionen her.

Material und Methoden

Für die Bestimmung von QTLs, die im Zusammenhang mit der Langlebigkeit von Gerstensaatzgut stehen, wurden 94 Doppel-Haploide (DH) Linien der OWB Kartierungspopulation untersucht, die unter Verwendung von 586 EST Markern genotypisiert und 2006 im Gewächshaus bzw. auf dem Feld vermehrt wurden.

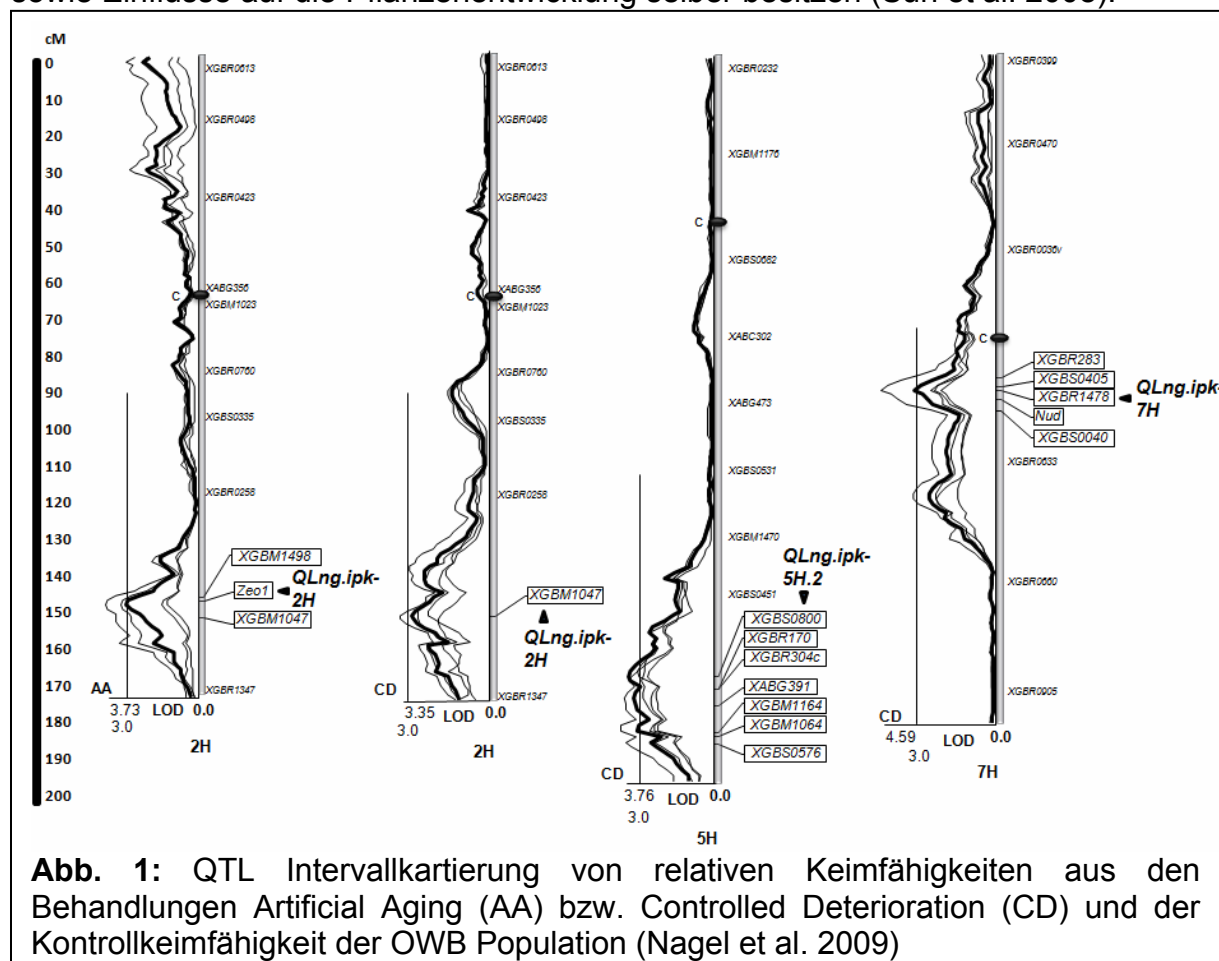
Die Alterung des Saatgutes erfolgte unter Anwendung zweier künstlicher Alterungsmethoden (Artificial Aging, Controlled Deterioration). Entsprechend der Beschreibung in Nagel et al. (2009) wurden beim Artificial Aging (AA) 200 Samen je Gewächshauslinie in Glasbehältern für 72h bei $43\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ und ~ 100 relativer Luftfeuchtigkeit im Klimaschrank gealtert. Innerhalb der Controlled Deterioration (CD) erfolgte die Alterung der 200 Samen je Feldvermehrungslinie in Aluminiumtüten bei einem Samenfeuchtegehalt von 18 % und einer Umgebungstemperatur von $44\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ für 72h. Die Auswertung der Alterungen sowie einer Kontrolle der Feld- und Gewächshauslinien erfolgte durch die Keimfähigkeitsprüfung gemäß ISTA (2008). Absolute und relative Keimfähigkeiten wurden nachfolgend mit Hilfe der Single Marker und Intervall Mapping Analyse durch QGENE (Nelson 1997) verrechnet und QTLs mit einem LOD größer 3 detektiert. Eine initiierte BLASTX (Basic Local Alignment Tool) Suche ergab nähere Informationen zur Funktion der EST-Sequenz.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt konnten drei QTLs für Langlebigkeit auf den Chromosomen 2H, 5H und 7H detektiert werden. Obwohl das Saatgut genetisch identisch war, ergab die Gewächshausvermehrung mit Hilfe des AA nur einen QTL auf 2H, wohingegen die Feldvermehrung mit der CD zwei weitere QTLs hervorbrachte (Abb.1), die den

*IPK Gatersleben, Corrensstraße 3, 06466 Gatersleben (Nagel@ipk-gatersleben.de)

Einfluss der Herkunft der Samen auf die Langlebigkeit verdeutlichen. Der QTL auf 2H ist dabei eng verbunden mit dem *Zeo1* Gen, welches bei dominanter Anwesenheit eine Veränderung in der Ährenarchitektur und verschlechterte Fertilität nach sich zieht (Lundqvist et al. 1997). Weiterhin sind die Marker GBM1498 auf 2H, GBR1478 auf 7H und GBS0800 auf 5H mit der APETALA2 Protein Familie assoziiert, die eine wichtige Rolle in der Regulation von abiotischen und biotischen Stressreaktionen sowie Einflüsse auf die Pflanzenentwicklung selber besitzen (Sun et al. 2008).



Zusammenfassend wird die Langlebigkeit von Gerstensaatgut bereits während der Pflanzenentwicklung beeinflusst und ist abhängig von dem Vermögen der Pflanze, auf verschiedenste Umwelteinflüsse zu reagieren.

Literatur

- Lundqvist, U.J.; D. Franckowiak und T. Konishi 1997: New and revised descriptions of barley genes. *Barley Genet Newslett* 26:22-516.
- Nagel, M.; H. Vogel; S. Landjeva; G. Buck-Sorlin; U. Lohwasser; U. Scholz und A. Börner 2009: Seed conservation in *ex situ* genebanks – genetic studies on longevity in barley. *Euphytica*, online published DOI 10.1007/s10681-009-9975-7.
- Stein, N.; M. Prasad; U. Scholz; T. Thiel; H.N. Zhang; M. Wolf; R. Kota; R.K. Vashney; D. Perovic; I. Grosse und A. Graner 2007: A 1,000 loci transcript map of barley genome: new anchoring points for integrative grass genomics. *Theoretical and Applied Genetics* 114; 823-839.
- Sun, S.; J.P. Yu; F. Chen; T.J. Zhao; X.H. Fang; Y.Q. Li und S.F. Sui 2008: TINY, a Dehydration-responsive element (DRE)-binding protein-like transcription factor connecting the DRE- and ethylene-responsive element-mediated signaling pathways in *Arabidopsis*. *J Biol Chem* 283:6261-627.

Einfluss von Sortentyp, N-Düngung und Fungizidbehandlung auf den Wintergerstenertrag

Claudia Schüler, Jan Rücknagel & Olaf Christen

Einleitung

Die Züchtung von Hybridsorten gewinnt auch bei Wintergerste an Bedeutung. Mit der Sorte „Zzoom“ wurde 2008 die erste Hybridsorte in Deutschland zugelassen. Analog zur Entwicklung von Hybridsorten bei anderen Getreidearten soll unter Ausnutzung der Heterosiseffekte ein den konventionellen Sorten zumindest vergleichbares Ertragsniveau realisiert werden. Dieses basiert vordergründig auf einem höheren Bestockungsvermögen und der Ausbildung ertragsstarker Seitentriebe. Neben dem Sortentyp beeinflussen besonders die N-Düngung sowie die Fungizidbehandlung den Kornertrag und die Qualität des Erntegutes. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Wirkung der genannten Intensitätsfaktoren auf die Ertragseigenschaften von Hybridwintergerste zu überprüfen.

Material und Methoden

In den Jahren 2006/07 und 2007/08 wurde auf einer Berglehm-Braunerde am Rand des Thüringer Schiefergebirges (500 m über NN, 6,5 °C mittl. Jahrestemperatur, 650 mm mittl. Jahresniederschlag) ein 3-faktorieller Versuch angelegt (n=6). Stellvertretend für die Sortentypen kamen die Hybridsorte „Zzoom“ und die Liniensorte „Mercedes“ zum Anbau. Die Stickstoffdüngung variierte in den Stufen „Ungedüngt“, „Optimale N-Düngung“ (145 kg N/ha in 2 Teilgaben, ausgerichtet an N_{min}- und Pflanzenanalyse) und „Reduzierte N-Düngung“ (128 kg N/ha in 2 Teilgaben, 2. Teilgabe -20 %). Der dritte Faktor bestand in der Differenzierung in die Varianten „Mit Fungizid“ (Einmalbehandlung in ES 37/39) und „Ohne Fungizid“. Die Hybridsorte hatte gemäß den Empfehlungen des Züchters mit durchschnittlich 260 bzw. 200 Kö/m² eine geringere Aussaatstärke als die Liniensorte mit 380 bzw. 350 Kö/m². In beiden Versuchsjahren wurden die Ertragsstrukturkomponenten Pflanzen/m², Ähren/m², Spindelstufen/Ähre und TKM sowie der Qualitätsparameter Rohproteingehalt erfasst. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte unter Verwendung der Software SAS.

Ergebnisse und Diskussion

Im 1. Versuchsjahr lag der Kornertrag der Hybridsorte im Mittel der Düngungs- und Fungizidstufen signifikant über und im 2. Versuchsjahr geringfügig unter dem Niveau der Liniensorte (Abb. 1, links). Dabei unterscheiden sich die Ertragsstrukturmerkmale grundsätzlich (Tab. 1). Bei verringerter Aussaatdichte der Hybridsorte wird eine vergleichbare Anzahl Ähren/m² gebildet. Die Anzahl Spindelstufen liegt bei der Hybridsorte geringfügig höher, während die Liniensorte eine größere TKM ausbildet (Abb. 2). Letztere wird durch die Fungizidbehandlung bei beiden Sortentypen positiv beeinflusst. Eine Wechselwirkung zwischen Sortentyp und Düngungsintensität konnte nicht nachgewiesen werden. Im Mittel der Sorten und Fungizidstufen bewirkt die mineralische N-Düngung einen deutlichen Ertragszuwachs (Abb. 1, rechts). Zwischen der optimierten und der reduzierten Düngung besteht hingegen kein signifikanter Unterschied. Das Ertragspotential des Standortes wird bereits mit 128 kg N/ha ausgeschöpft. Insgesamt empfiehlt sich der Anbau der ersten zugelassenen

Hybridsorte wegen unsicherer Ertragsvorteile und einem deutlich geringeren Rohproteingehalt (Schüler, 2009) am Versuchsstandort nach 2-jähriger Prüfung nur bedingt.

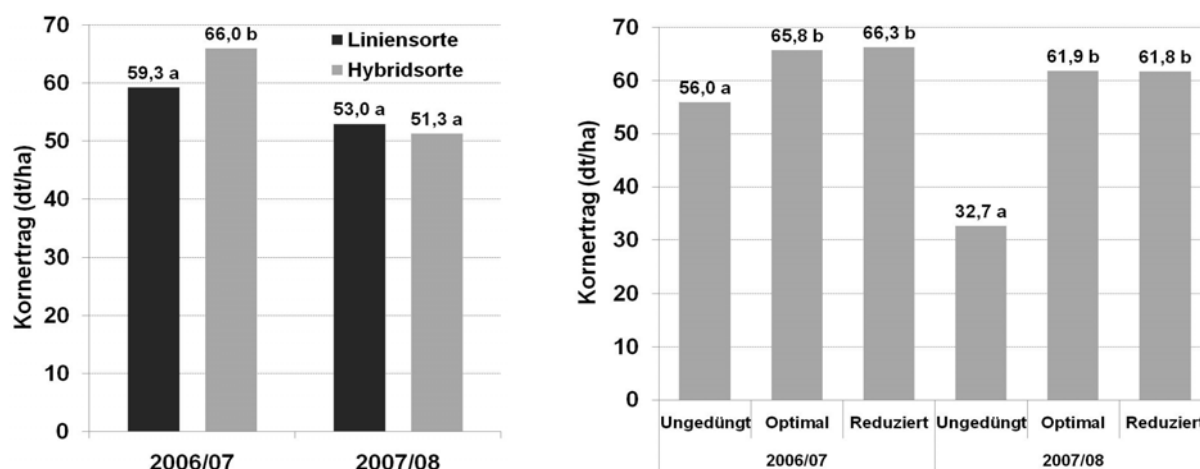


Abb. 1: Kornertrag von Hybrid- und Linien-sorte im Mittel der Düngungs- und Fungizidstufen (links) sowie im Mittel der Sortentypen und Fungizidstufen bei unterschiedlicher Düngungsintensität (rechts), untersch. Buchstaben kennzeichnen Signifikanzen $p < 0,05$

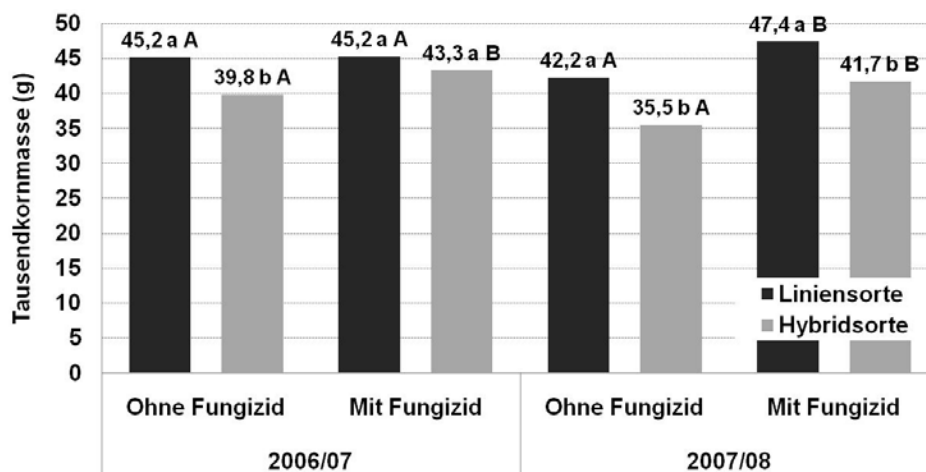


Abb. 2: Tausendkorngmasse der Sortentypen bei reduzierter N-Düngung mit und ohne Fungizidbehandlung, untersch. Kleinbuchstaben kennzeichnen Signifikanzen $p < 0,05$ zwischen den Sorten und Großbuchstaben zwischen den Fungizidstufen

Tab. 1: Ertragsstrukturmerkmale im Mittel der Varianten mit und ohne Fungizidbehandlung bei reduzierter N-Düngung; untersch. Buchstaben kennzeichnen Sign. $p < 0,05$

Parameter	2006/07		2007/08	
	Linien-sorte	Hybrid-sorte	Linien-sorte	Hybrid-sorte
Pflanzen/m ²	351 a	267 b	263 a	158 b
Ähren/m ²	722 a	744 a	550 a	503 b
Beährungsfaktor berechnet	2,1	2,8	2,1	3,2
Spindelstufen/Ähre	12 a	14 a	13 a	17 a

Literatur

Schüler, C. 2009: Einfluss von Sortentyp, N-Düngung und Fungizidbehandlung auf Ertrag und Qualität von Wintergerste an einem Berglehm-Braunerde-Standort. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Diplomarbeit, in Vorbereitung.

Intervarietätenspezifische Variabilität des Pflanzenaufgangs von *Avena fatua*-Karyopsen (Reifejahr 2008) im Jahresverlauf 2008/09

Marie Böttcher, Karin Förster, Lothar Siebert, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Über das Keimungsverhalten von Karyopsen verschiedener Flughafervarietäten liegen für mitteleuropäische Bedingungen nur wenige, vor allem ältere Ergebnisse vor (Prante 1971). Das sommerannuelle Ackerwildgras *Avena fatua* L. erreicht seinen Keimungsgipfel in der Regel im Vorfrühling. Unter dem Aspekt möglicher klimatischer Veränderungen gewinnen Kenntnisse über Aufgänge im Herbst, die immer häufiger überwintern, besonderes wirtschaftliches Interesse. Die im Herbst auflaufenden und den Winter überlebenden Flughaferpflanzen besitzen aufgrund ihres Vegetationsvorsprungs eine größere Konkurrenzkraft gegenüber den Frühjahrsaufgängen und dem Wintergetreide.

Ziel der Untersuchungen ist es, das Auflaufverhalten von verschiedenen *Avena fatua*-Varietäten aus dem Reifejahr 2008 im Jahresverlauf 2008/09 zu analysieren und zu prüfen, ob bzw. in welchem Maße varietätenspezifische Differenzierungen dabei auftreten.

Material und Methoden

Untersucht wurden die sechs *Avena fatua*-Varietäten: *cinerea* Prant., *pilosissima* S.F. Gray 1821, *glabrata* Peterm. 1841, *superba* Prant., *pilosa* Syme und *intermedia* Lej. u. Court. 1828. Über das qualitative Vorkommen und die Verbreitung dieser Flughafervarietäten in Mittel- und Ostdeutschland liegen langjährige Untersuchungsergebnisse von Siebert (1988) vor.

Die Bestimmung der Varietäten erfolgte nach Karyopsenmerkmalen anhand der von Prante (1971) erstellten Flughafersystematik. Die Flughaferkaryopsen stammen von dem alluvialen Standort Eichwerder (Al 2) im Oderbruch (Erntejahr 2006). Um genügend Saatgut für die Untersuchungen zur Verfügung zu haben, erfolgte im Frühjahr 2008 ein Nachbau dieser Varietäten. Am 18.07.2008 wurden die Spelzfrüchte der einzelnen Flughafervarietäten geerntet (BBCH 89/92). Von diesem Zeitpunkt an erfolgte über neun Monate zur Erfassung der Auflaufrate jeweils zu Monatsanfang eine Aussaat der Karyopsen.

Es wurden im Gewächshaus unter kontrollierten Bedingungen 25 Karyopsen pro Pflanzgefäß (14 x 14 x 14 cm) bei einer Aussaattiefe von 2 cm in vierfacher Wiederholung ausgesät (randomisierte Blockanlage). Als Substrat diente Krumboden des Julius-Kühn-Feldes Halle der Martin-Luther-Universität (Haplic Phaeozem, Bodenart mittel lehmiger Sand, 8 % Ton, 25 % Schluff, pH 6,2, Humusgehalt 2,2%).

Ergebnisse und Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse belegen eindeutig ein varietätenspezifisches Auflaufverhalten. Dabei ist vorrangig bei den Varietäten *intermedia*, *glabrata* und *pilosa* ein relativ starker Aufgang im Herbst in Verbindung mit einer geringen Dormanz zu erkennen (Abb. 1). Die vergleichsweise niedrigen Auflaufraten der Varietäten *cinerea*, *pilosissima* und *superba* lassen hingegen auf eine tiefe Dormanzausprägung schließen. Der leichte Rückgang der Auflaufrate im März 2009 ist auf die

empfindliche Reaktion des Flughafers auf eine Vernässung des Nährsubstrates zurückzuführen. Untersuchungsergebnisse von Hagen et al. (2006) verdeutlichen, dass die Varietäten *pilosissima* und *cinerea* am häufigsten vorkommen und somit von besonderem wirtschaftlichen Interesse sind. Die Begleitvarietäten *pilosa*, *superba*, *glabrata* und *intermedia* mit auffallend geringen Anteilen am Gesamtvarietätenspektrum im Verbreitungsgebiet hingegen unterliegen dem Konkurrenzdruck der Hauptbestandbildner *cinerea* und *pilosissima*. Sie werden dadurch in ihrer Verbreitung stark zurückgedrängt.

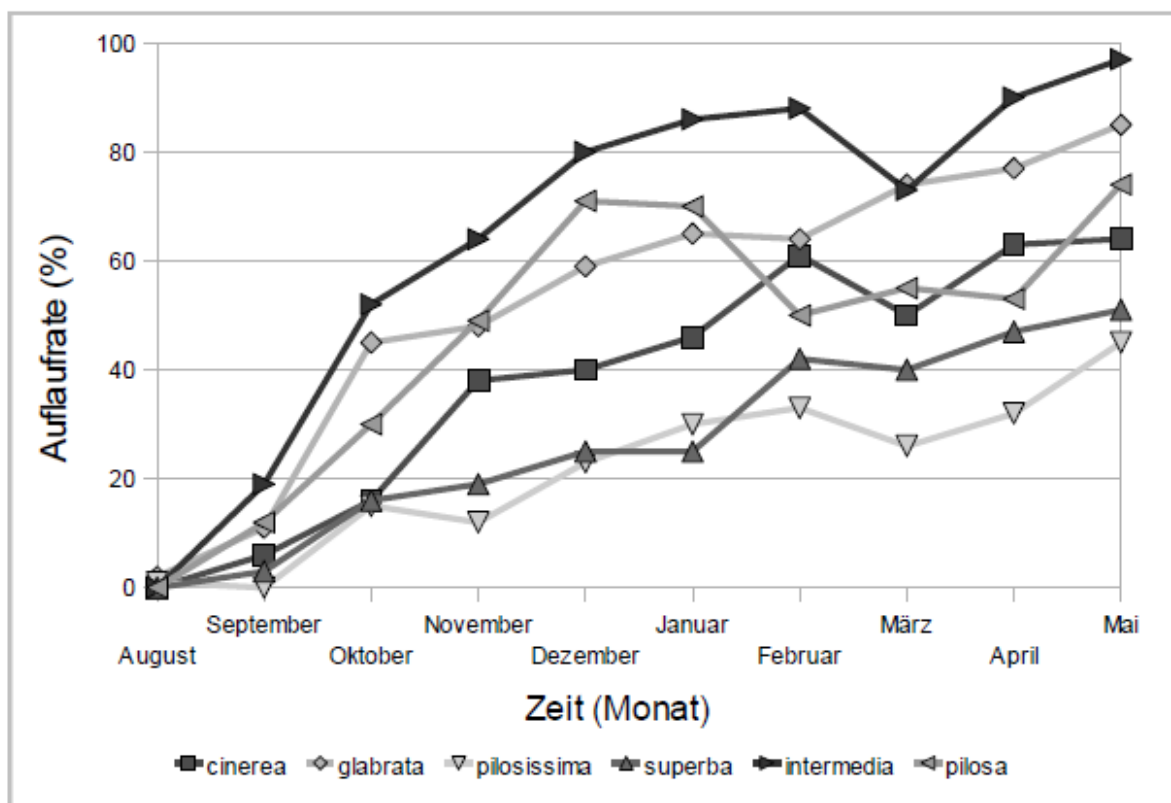


Abb. 1: Aufaufrate der im Juli 2008 geernteten Flughafervarietäten zwischen August 2008 und Mai 2009 nach Aussaat im monatlichen Abstand (n=4)

Die relativ tiefe Dormanzausprägung bei den Varietäten *cinerea* und *pilosissima* einerseits und die Brechung der Dormanz im Vorfrühling andererseits sind die Hauptgründe für das massenhafte Auflaufen des Flughafers und die starke Vermehrung dieser *Avena fatua*-Varietäten im zeitigen Frühjahr. Da Flughaferpflanzen nicht winterhart sind, sterben die Herbstaufgänge (Oktoberaufaufrate bei *intermedia* 52 %, *glabrata* 45 % und *pilosa* 30 %) bei strengem und lang anhaltendem Frost ab. Dies ist ein wesentlicher Grund für ihr relativ geringes Vorkommen im Verbreitungsgebiet. Bei milden Wintertemperaturen werden Herbstaufgänge jedoch häufiger überwintern. Der Anteil winterannueller Flughaferpflanzen nimmt somit zu.

Literatur

Hagen, D.; L. Siebert; B. Hofmann und O. Christen 2006: Verbreitung der Flughafervarietäten (*Avena fatua* L.) in den neuen Bundesländern. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18: 66-67.
 Prante, G. 1971: Ein Beitrag zur Systematik des Flughafers (*Avena fatua* L.). Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz 78: 675-694.
 Siebert, L. 1988: Verbreitung von *Avena fatua*-Varietäten auf ausgewählten natürlichen Standorteinheiten im Gebiet der DDR. Hercynia N. F. 25: 450-454.

Frosttoleranz von *Avena fatua* L. unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Varietäten und Herkünfte

Sebastian Rabe, Bodo Hofmann, Lothar Siebert & Olaf Christen

Einleitung

Der Flughafener (*Avena fatua* L.) ist ein auf lehmigen bis tonigen Standorten verbreitetes, nicht frosthartes Ackerwildgras. Es überwintert als dormante Karyopse im Boden und hat infolge der Dormanzbrechung im Vorfrühling sein Keimmaximum. Aber auch im Herbst werden Pflanzenaufgänge von *Avena fatua* L. beobachtet. Untersuchungsergebnisse von Böttcher et al. (2009) weisen varietätenspezifische Differenzierungen in Herbstaufgang des Flughafeners aus. Immer häufiger wird in der landwirtschaftlichen Praxis über die Überwinterung von im Herbst aufgelaufenen Flughafenerpflanzen berichtet. In dem ausgesprochen milden Winter 2007/08 überlebten in einem Feldversuch (Löß-Schwarzerdestandort Bad Lauchstädt) nahezu alle aufgelaufenen Flughafenerpflanzen (BBCH 12-13, 21-23).

Ziel der Untersuchungen ist es zu prüfen, ob bzw. in welchem Maße Frosttoleranz bei Flughafener unter besonderer Berücksichtigung des Entwicklungsstadiums, der Varietät, der Natürlichen Standorteinheit und damit verbunden des Herkunftsgebietes unter den Winterbedingungen 2008/09 nachgewiesen werden kann.

Material und Methoden

Die Probekaryopsen der geprüften *Avena fatua*-Varietäten entstammen von standörtlich unterschiedlichen Natürlichen Standorteinheiten (NStE) und Herkunftsgebieten Mittel- und Ostdeutschlands. Die Karyopsen wurden in den Jahren 2006 und 2007 gesammelt. Die Aussaat des Flughafeners (12.09., 26.09., 08.10., 20.10. und 28.10.08) erfolgte in der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt der Martin-Luther-Universität (vollständig randomisierte Blockanlage mit vierfacher Wiederholung). Zwischen den Flughafenerreihen (Reihenweite 30 cm) erfolgte die Einsaat von Winterweizen. Prüffaktoren waren: 6 *Avena fatua*-Varietäten *cinerea* Pran., *pilosissima* S.F. Gray 1821, *glabrata* Peterm. 1841, *superba* Pran., *pilosa* Syme sowie *intermedia* Lej. u. Court. 1828 und die 5 NStE bzw. Herkunftsgebiete Wische (Al 1), Oderbruch (Al 2), Elbaue (Al 3), Börde/Börderand (Lö 1) sowie Thüringen (V 2/5). Zu den genannten Varietäten wurden die Wildhaferart *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana* (Herkunft Korfu, Griechenland) und der Saathafer (*Avena sativa*, bespelzt, unbespelzt) mit einbezogen. Aus den verschiedenen Saatterminen ergaben sich die 5 Ontogenesestadien des Untersuchungsmaterials (BBCH 25-29, 21-23, 12-13, 11 und 9-10). Die überwinterten Kontrollpflanzen wurden als Kriterium für die Frosttoleranz am 04.05.2009 erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Vorliegende Ergebnisse zur Frosttoleranz lassen deutliche Unterschiede zwischen den Flughafenervarietäten und den Ontogenesestadien erkennen (Tab. 1). Die *Avena fatua*-Varietäten *glabrata* und *pilosissima* sind dabei im Vergleich zu den übrigen Prüfvarietäten im Ontogenesestadium 12-13 durch deutlich höhere Überwinterungsraten gekennzeichnet. Sie entwickeln eine gewisse „Frosttoleranzfitness“. Dies ist in abgeschwächter Form auch im BBCH-Stadium 21-23 noch erkennbar. Unter

Berücksichtigung der Überwinterungsrate als Kriterium für die Frosttoleranz erweisen sich somit die beiden genannten Flughafervarietäten im Varietätenvergleich als frostverträglicher. Aber auch die übrigen Varietäten zeichnen sich bei dem vor Wintereintritt (08.12.2008) erfassten BBCH-Stadium 12-13 durch hohe Überwinterungsanteile aus. Die überwinterten Flughaferpflanzen haben den Kältestress durch stärkere Vitalität überlebt, sich weiterentwickelt und auch Rispen sowie keimfähige Karyopsen gebildet.

Tab. 1: Überwinterungsrate [%] der *Avena*-Varietäten und -arten in Abhängigkeit vom Ontogenesestadium (im Mittel der geprüften Herkünfte)

<i>Avena</i> -Varietäten und <i>Avena</i> -Arten	Überwinterungsrate [%] bei Entwicklungsstadium (BBCH) vor Winter				
	9-10	11	12-13	21-23	25-27
<i>cinerea</i>	0,4	2,6	8,3	2,9	1,3
<i>pilosissima</i>	0,6	6,4	12,6	8,2	2,9
<i>pilosa</i>	0,7	1,3	4,1	2,6	0,0
<i>glabrata</i>	0,0	0,0	16,9	6,4	k. A.
<i>intermedia</i>	0,0	1,6	8,9	1,1	k. A.
<i>superba</i>	1,3	1,3	9,8	2,8	0,0
<i>Avena fatua</i>-Mittel	0,5	2,2	10,1	4,0	(0,7)
<i>A. sterilis ssp. ludoviciana</i>	0,0	0,0	22,6	55,0	k. A.
<i>A. sativa</i> (bespelzt)	2,7	0,0	3,3	1,2	k. A.
<i>A. sativa</i> (unbespelzt)	0,0	0,0	1,7	4,5	k. A.

1) k. A. - keine Angaben (nicht untersucht)

Generell dokumentieren die Ergebnisse zuverlässig die geringsten Überwinterungsraten sowohl im Ontogenesestadium BBCH 9-10 als auch bei BBCH 25-27. In dem frühen Ontogenesestadium sind die Pflanzen noch zu schwach entwickelt und deshalb auch besonders frostsensibel. Sie unterliegen zumeist dem Kältetod, ähnlich wie im fortgeschrittenen Stadium bei BBCH 25-27. Hier sind die Pflanzen hingegen blattreich, stärker wasserhaltig, weisen eine relativ große Frosteinwirkungsfläche und einen höheren Wasserbedarf auf, der in strengen Wintern oftmals nicht gedeckt werden kann.

Im *Avena fatua*-Varietäten- und *Avena*-Artenvergleich ragt die Wildhaferart *Avena sterilis ssp. ludoviciana* (Herkunft: Korfu, Griechenland) durch die größte Überwinterungsrate von 55 % (BBCH 21-23) besonders hervor. Selbst hier liegen im Ontogenesestadium 12-13 die zweithöchsten Überlebensraten vor. Diese Wildhaferart hat ihre Hauptverbreitung im Mittelmeergebiet. Sie ist also in ihrem ökologischen Verhalten an die dortigen Bedingungen speziell angepasst. Dies lässt den Schluss zu, dass sich diese Wildhaferart mit langfristigen Klimaänderungen in Mitteleuropa als Zuwanderer etablieren könnte. Sie könnte damit zum Konkurrenten für die Kulturpflanzen werden. Die Art *Avena sativa* (Abstammungsform des Flughafers) liegt sowohl in bespelzter als auch unbespelzter Form in ihren Überwinterungsraten bei BBCH 12-13 und 21-23 gegenüber den anderen Prüfstadien zwar am höchsten, aber dennoch deutlich unter den Frostverträglichkeitswerten der Flughafervarietäten.

Literatur

Böttcher, M.; K. Förster; L. Siebert; B. Hofmann und O. Christen 2009: Intraspezifische Variabilität des Pflanzenaufgangs von *Avena fatua*-Karyopsen (Reifejahr 2008) im Jahresverlauf 2008/09. Mitt. Ges Pflanzenbauwiss. 21 (im Druck).

Evaluierung der Kühletoleranz von *Sorghum bicolor*

Karin Fiedler, Arndt Zacharias*, Hartmut Stützel & Ralf Uptmoor

Einleitung

Sorghum ist aufgrund seiner im Vergleich zu Mais wesentlich besseren Wassernutzungseffizienz auf leichten Standorten eine hervorragende Alternative zur Biomasseproduktion für die Methangewinnung. Die Gattung Sorghum weist bedeutsame Kulturpflanzenarten mit einem sehr hohen Potential für die Biomasseproduktion und sehr breiter genetischen Variation in den meisten physiologischen Merkmalen auf. Dies sind prinzipiell hervorragende Voraussetzungen, Sorghum auf züchterische Weise an die hiesigen Produktionsbedingungen anzupassen. Der im Wesentlichen die Sorghumproduktion limitierende Faktor in den gemäßigten Breiten ist die hohe Wärmebedürftigkeit der aus den semi-ariden Tropen stammenden Pflanze. Niedrige Temperaturen im Frühjahr führen zu unzureichendem Auflaufverhalten und zu einer verzögerten Jugendentwicklung. Vorteil einer verbesserten Kühletoleranz ist die Vorverlegung des Aussaatzeitpunktes sowie die daraus resultierende Verlängerung der Vegetationsperiode, die wiederum den Biomasseertrag steigert. Die frühe Ausbreitung vom afrikanischen auf den asiatischen Raum sowie die Adaption an Höhenlagen hat zu einer vielversprechenden genetischen Variation im Hinblick auf die Kühletoleranz von Sorghum geführt. Sowohl chinesische als auch russische Sorghumherkünfte wurden auf ihre Eignung zur Verbesserung der Kühletoleranz getestet (Tyriaki and Andrews 2001, Franks et al. 2006). Chinesisches Material der Gruppe Kaoling wies eine gegenüber kommerziellen Hybriden und Inzuchtlinien raschere Sprossentwicklung unter niedrigen Temperaturen auf, jedoch traten negative agronomische Eigenschaften auf (Knoll et al. 2008).

Ziel des Projektes ist die (1) Evaluierung der Kühletoleranz von 250 Sorghum-Linien unter kontrollierten Bedingungen in Klimakammern und im Feld, (2) die Erfassung der Variabilität hinsichtlich der Basistemperatur für Keimung, Auflauf und Blattstreckung, (3) die Erfassung mittlerer Auflauf-, Blattstreckungs- und Blatterscheinungsraten, (4) die Durchführung von Assoziationsstudien zur Kühletoleranz und Trockenresistenz und (5) die Verifikation der über Assoziationsstudien detektierten QTLs in spaltenden Kreuzungspopulationen.

Material und Methoden

Im Rahmen des Projektes werden ein Diversitätsset von 250 Sorghum-Linien und zwei aus jeweils 100 RILs bestehende Kreuzungspopulationen mittels Mikrosatelliten und DArT-Arrays molekular charakterisiert. Zur Erfassung der Kühletoleranz werden Versuche unter variierenden Temperaturbedingungen durchgeführt. Zum einen werden die Auflaufraten der 250 Genotypen in acht Temperaturstufen in Klimakammern ermittelt. Parallel werden Feldversuche mit variierenden Aussaatterminen durchgeführt. Anhand der gewonnenen Daten werden genomweite Assoziationsstudien durchgeführt mit dem Ziel, Marker-Merkmalassoziationen aufzudecken und QTL-Regionen zu identifizieren. Basierend auf den Ergebnissen werden geeignete Kreuzungspartner selektiert und eine Kreuzungspopulation erstellt,

anhand derer die Marker-Merkmalsassoziationen der Assoziationsstudien mit Hilfe einer konventionellen QTL-Analyse validiert werden.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Klimakammerversuche zeigten in den Klimakammern eine große Variabilität der Linien hinsichtlich ihrer Kühletoleranz innerhalb des Diversitätssets. Bei einer Temperatur von 11°C unterschieden sich die Linien signifikant in der Auflauftrate und in der Auflaufdauer, bei 14 °C waren lediglich Unterschiede in der Auflaufdauer zu beobachten. Bei 8°C fand innerhalb des Diversitätssets keine Keimung mehr statt.

Im Feldversuch waren deutliche Unterschiede innerhalb der Kreuzungspopulation hinsichtlich des Aufgangs sowie der Jugendentwicklung zu verzeichnen. Variation im Hinblick auf die Bildung von Seitentrieben sowie die Anzahl der Blätter und der Blattfläche waren deutlich zu erkennen.

Literatur

- Franks C.D.; G.B. Burow und J.J. Burke 2006: A comparison of US and Chinese sorghum germplasm for early season cold tolerance. *Crop Sci* 46: 1371-1376.
- Knoll J.; N. Gunaratna und G. Ejeta 2008: QTL analysis of early-season cold tolerance in sorghum. *Theor Appl Genet* 116: 577-587.
- Tiryaki I. und D.J. Andrews 2001: Germination and seedling cold tolerance in sorghum: II. Parental lines and hybrids. *Agron J* 93: 1391-1397.

Züchtung faserreicher, ertragreicher und widerstandsfähiger Fasernesselklone mit guten Faserqualitäten und Entwicklung eines *in vitro* Vermehrungsverfahrens

Bettina Biskupek-Korell, Holger Fischer, Carmen Knapwost, Carolin Schneider & Sven Wartenberg

Einleitung

Bei der großen Brennnessel (*Urtica dioica* L.) handelt es sich um eine so genannte *low input*-Pflanze, die zur Fasergewinnung genutzt wird. Sie bietet zahlreiche ökologische Vorteile im Vergleich zu anderen Faserpflanzen, besonders trägt sie aber durch ihrer geringen Bedürfnisse zur Schonung der Wasserressourcen bei. Aufgrund der steigenden Nachfrage für textile und technische Naturfasern lässt sich für die Fasernessel eine positive Zukunft ableiten (Dreyer, 1999). Zurzeit liegen die Fasergehalte der zur Verfügung stehenden Fasernesselklone bei ca. 15 % [TM] und die Vermehrung erfolgt ausschließlich über Stecklinge. Der Fasergehalt der Nessel liegt damit zurzeit noch deutlich unter den Fasergehalten anderer europäischer Faserpflanzen. Um den Anbau der Fasernessel wirtschaftlicher und zugleich praxistauglich zu gestalten, sollen in diesem Forschungsprojekt die Fasergehalte und auch die Faserqualitäten züchterisch optimiert und die Vermehrung vereinfacht werden. Um dies optimal zu erreichen, sind drei verschiedene Arbeitsgruppen an dem Vorhaben beteiligt (s. Tab. 1).

Material und Methoden

Das Institut für Pflanzenkultur in Schnega hat bereits 2007 aus Elternklonen des so genannten Hamburger Nesselsortiments 37 verschiedene Kreuzungen mit jeweils maximal 27 Klonen erstellt. Dies hat zu insgesamt 935 Kreuzungsnachkommen geführt. Diese Nachkommen wurden im Jahr 2008 weiter vermehrt, um für weitere Analysen ausreichend Pflanzenmaterial bereitstellen zu können. Von diesen Klonen werden 200 in einem zweiortigen und dreijährigen Feldversuch getestet werden, daher musste eine Selektion erfolgen.

Für die Auswahl wurden verschiedene Parameter herangezogen. Zum einen wurde die Vermehrbarkeit betrachtet und zum anderen der Fasergehalt der Pflanzen. Zur Bestimmung der Vermehrbarkeit diente die Anzahl der in Schnega erzeugten Stecklinge. Eine hohe Anzahl vitaler Stecklinge lässt auf eine gute Vermehrbarkeit schließen. Des Weiteren wurde der Fasergehalt der jungen Pflanzen bewertet. Dazu wurden mit einem Gefriermikrotom Schnitte erzeugt und mikroskopisch-bildanalytisch ausgewertet.

Im Juni 2009 wurde ein dreijähriger Feldversuch zur Prüfung der 200 selektierten Klone an den Standorten Schnega und Hannover angelegt. Zielgrößen sind hierbei die Bestimmung der Stroherträge der zu prüfenden Nachkommen sowie die Bonitur der jeweiligen Entwicklungsverläufe.

Tab. 1: Arbeitspakete und Vernetzung der Projektpartner

Partner	Arbeitspakete	Vernetzung
Institut für Pflanzenkultur Schnega	Bereitstellung des Ausgangsmaterials und Vermehrung der vorhandenen Klone Durchführung der Kreuzungen und Vermehrung der Nachkommen Feldversuch zur Prüfung der selektierten Klone am Standort Schnega Versuche zur <i>in vitro</i> -Vermehrung	Bereitstellung des Pflanzenmaterials für beide Feldversuche Datenabgleich mit FH Hannover Lieferung von Erntematerial für Faseruntersuchungen
Fachhochschule Hannover	Bestimmung der Fasergehalte und der Fasermorphologie mit Hilfe mikroskopischer Untersuchungen Selektion geeigneter Nachkommen für die Feldprüfung Feldversuch zur Prüfung der selektierten Klone am Standort Hannover	Datenabgleich mit Institut für Pflanzenkultur Lieferung von Erntematerial für Faseruntersuchungen
Faserinstitut Bremen	Untersuchungen zu Fasergehalt und Faserqualität des Erntegutes beider Versuchsstandorte	Datenabgleich mit Institut für Pflanzenkultur und FH Hannover

Das geerntete Nesselstroh wird nach einer Feldröste am Faserinstitut in Bremen anschließend hinsichtlich des mechanisch aufschließbaren Fasergehaltes und der Faserqualitäten untersucht. Der Reinfasergehalt wird an ungeröstetem Grünstroh gemessen. Anschließend werden alle Ergebnisse zur ganzheitlichen Bewertung der Nesselklone zusammengeführt.

Parallel zu den Freilandversuchen wird vom Institut für Pflanzenkultur ein *in vitro*-Vermehrungsverfahren für Fasernesseln entwickelt.

Ergebnisse und Diskussion

Schon beim ersten Screening der Kreuzungsnachkommen konnten deutliche Unterschiede bezüglich der Anzahl Faserzellen und deren Ausprägung beobachtet werden. Dies ermöglichte, in Verbindung mit dem Parameter „Vermehrbarkeit“, eine erste Bewertung und Selektion aussichtsreicher Klone. Außerdem wurden Unterschiede in der Faserfestigkeit der verschiedenen Klone festgestellt. Auch der Standort des Anbaus hat einen signifikanten Einfluss auf die Faserqualitäten.

Der im Jahr 2009 angelegte Feldversuch wird es ermöglichen, die leistungsfähigsten Genotypen der 200 geprüften Kandidaten zu ermitteln und in den kommenden Jahren für den praktischen Anbau zur Verfügung zu stellen.

Literatur

Dreyer, J. 1999: Die Fasernessel als nachwachsender Rohstoff; Leistungsprüfung von Fasernesseln (*Urtica dioica* L., Große Brennessel) unter besonderer Berücksichtigung der phänotypischen Differenzierung anbauwürdiger Klone, Verlag Dr. Kovac, Hamburg

Effect of triazoles and strobilurines on seed yield formation and grain quality of rapeseed (*Brassica napus* L.)

Muhammad Ijaz & Bernd Honermeier

Introduction

Rapeseed (*Brassica napus* L.) is the most important cultivated crop for vegetable oil in Germany. The seeds of oilseed rape contain 45–48 % oil that comprises of which 60 % oleic acid, 20 % linoleic acid and 10 % linolenic acid (Schierholt 2000). The value and utility of an oilseed crop for both nutritional and industrial purposes primarily depends upon the fatty acid composition of the seed oil. Efforts are being made to modify the oil composition, especially oleic acid.

It is known that fungicides like triazoles as well as growth regulators can have morphological and physiological effects which are induced by modifying phytohormones. Combination of triazoles and growth regulators are considered better for increasing the stability of rape, preventing the overgrowth in autumn, increasing the hardiness and a better prophylaxis towards disease attack. Application of some fungicides promotes plant health, affect physiology of the crop and result in yield enhancement. Fungicide applications on one hand minimize losses for the disease and on the other hand enhance the desired quality components of the seed (Mert-Türk et al., 2008). Keeping the importance of oilseed rape and fungicide in view, the following study was designed to investigate the effect of triazole and strobilurine on seed yield formation and grain quality of rapeseed (*Brassica napus* L.).

Materials and Methods

In 2008 field study with winter rape seed was conducted at two experimental stations: Gießen (8.5°C, 660.5mm, 158m NN) and Rauischholzhausen, (9.6°C, 637.2mm, 220m NN). The experiment was designed as randomised complete block design in factorial arrangement with four replications. Two cultivars Nk Fair and Elektra were planted in 1.5 x 7.0 m² plots maintaining 45 plants per m². Seven different fungicides were used: Difenconazole + Paclobutrazole, (125 g ha⁻¹ + 62.5 g ha⁻¹ and 87.5 g ha⁻¹ + 43.75 g ha⁻¹), Prothioconazole (175 g ha⁻¹), Tebuconazole (251.2 g ha⁻¹), Metconazole (60 g ha⁻¹), Trinexapac + Ethylester (111 g ha⁻¹ + 125 g ha⁻¹), Azoxystrobin (250 g ha⁻¹), and Boscalid (250 g ha⁻¹) which were applied in different combinations at different growth stages. Leaf area index (LAI) was recorded fortnightly from BBCH 45 till maturity. Soxhlet method was used to determine oil content in the seeds whereas gas chromatography was used for measuring fatty acids composition. Additionally parameters like plant length (cm), 1000-grain weight, grain yield (dt ha⁻¹), main stem length, seeds per main stem, pods per main stem, free fatty acids (FFA), peroxide number (POV) were measured.

Results and Discussion

In the executed field experiments in untreated plots (standard) rapeseed reached a seed yield level of 53.0 dt ha⁻¹ (cv. NK Fair) vs. 51.2 dt ha⁻¹ (cv. Elektra) in Gießen and 52.8 dt ha⁻¹ (cv. NK Fair) vs. 55.0 dt ha⁻¹ (cv. Elektra) in Rauischholzhausen (table 1). Most of the applied fungicides led to increased seed yields. In comparison with standard (untreated plots=100 %) highest seed yield increases can be observed

in Gießen in fungicide treatments no. 3 (116 %), no. 5 (115 %) and no. 8 (115 %) with “NK Fair” and no. 3 (123 %), no. 4 (120 %) and no. 8 (124 %) with “Elektra” (table 1).

Table 1: Effect of different fungicide applications on seed yield (relative) of two rapeseed cultivars, field experiments Gießen and Rauschholzhausen 2008

Fungicide ^{*)}	Gießen 2008			Rauschholzhausen 2008		
	NK Fair	Elektra	Mean	NK Fair	Elektra	mean
1	53.0=100	51.2=100	52.1=100	52.8=100	55.0=100	53.9=100
2	110	110	110	103	97	100
3	116	123	119	99	107	103
4	102	120	111	106	110	108
5	115	112	109	100	101	101
6	107	105	106	107	103	105
7	110	110	110	100	112	106
8	115	124	119	100	115	107
Mean	109	113	111	102	106	104

*) 1= control, 2= Difenconazole + Paclobutrazole (125 g ha⁻¹ + 62.5 g ha⁻¹) 3= Difenconazole + Paclobutrazole, (125 g ha⁻¹ + 62.5 g ha⁻¹) + Azoxystrobin (250 g ha⁻¹) 4= Difenconazole + Paclobutrazole (87.5 g ha⁻¹ + 43.75 g ha⁻¹) + Azoxystrobin (250 g ha⁻¹) 5= Difenconazole + Paclobutrazole (87.5 g ha⁻¹ + 43.75 g ha⁻¹) + Trinexapac + Ethylester (111 g ha⁻¹ + 125 g ha⁻¹) Azoxystrobin (250 g ha⁻¹) 6= Azoxystrobin (250 g ha⁻¹) 7= Tebuconazole (251.2 g ha⁻¹) + Prothioconazole (175 g ha⁻¹) 8= Metconazole (60 g ha⁻¹) + Boscalid (250 g ha⁻¹)

In comparison with Rauschholzhausen clearly fungicide effects could be observed in Gießen. In Rauschholzhausen fungicide treatment no. 4 (106 %) and no. 6 (107 %) had maximum positive effect on seed yield with “NK Fair” and fungicide treatment no. 7 (112 %) and no. 8 (115 %) produced higher seed yield with “Elektra” when compared with standard. Application of Toprex (difenconazole + paclobutrazole) increased seed yield in both cultivars and locations. Most of the applied fungicides promoted plant health and provided a yield enhancement, even in the absence of significant disease attack. Application of strobilurine and triazole fungicides show increased leaf area index (LAI). Quality parameters like seed oil and protein concentration showed a significant response to applied fungicides, whereas it was not significant for fatty acid composition. Fungicide application improved quantitative and qualitative attributes of rapeseed. Plants sprayed with fungicides were more pruned to lodging with respect to standard.

Literature

- Mert-Türk, F.; M.K. Gül und C.Ö. Egesel 2008: Nitrogen and fungicide applications against *Erysiphe cruciferarum* affect quality components of oilseed rape. Mycopathologia. 165:27-35.
 Schierholt, A. 2000: Hoher Ölsäuregehalt im Samenöl: Genetische Charakterisierung von Mutanten im Winterraps (*Brassica napus* L.). Dissertation. Universität Göttingen.

Infrarotspektroskopische Methoden zur Abschätzung des Gehaltes freier Fettsäuren in Rapssaat und Rapsöl als qualitätssichernde Maßnahme bei der Rapsverarbeitung

Bettina Biskupek-Korell, Gordon Pfeiffer & Jingjuan Lou

Einleitung

Einen wichtigen Qualitätsparameter in Ölsaaten und Pflanzenölen stellt der Anteil freier Fettsäuren (FFA) dar. Bezüglich der Verarbeitung wird die Forderung nach Gehalten von max. 2 % freien Fettsäuren im Rohöl der Saat gestellt (Remmele, 2007), da diese bei der Raffination entfernt werden müssen, was zu einer verringerten Ölausbeute und in der Folge zu Preisabschlägen führt.

Insbesondere bei der Verarbeitung von Rapssaat in dezentralen Ölmühen zu Rapsölkraftstoff ist Augenmerk auf den Parameter FFA zu legen, da diese im Motor zu Korrosion, Verschleiß und Rückstandsbildung führen und hier nicht – wie bei industriellen Ölmühen – entfernt werden können. Normalerweise liegen die Gehalte an FFA bei qualitativ hochwertiger Rapssaat deutlich unter 1 %. Bei zu früher Ernte, beschädigter, feuchter oder unsachgemäß gelagerter Saat kann dieser Wert jedoch sehr rasch auf über 10 % ansteigen. Solche Partien sollten keinesfalls in dezentralen Anlagen verarbeitet werden, sondern industriellen Ölmühen zugeführt werden.

Normal erfolgt die Bestimmung der FFA nasschemisch mittels Titration. Während die schnelle und simultane Bestimmung z. B. der Öl- und Wassergehalte in Ölsaaten durch den Einsatz von IR-Methoden weit verbreitet ist, so zeigen die im Rahmen dieser Untersuchung entwickelten Kalibrationen zur Bestimmung der Anteile an FFA direkt in der Saat und im Öl neue Möglichkeiten der Qualitätsbeurteilung auf.

Material und Methoden

Das verwendete Probenmaterial (Tabelle 1) stammt aus verschiedenen Quellen. Die Rapsölproben sind ein heterogenes Set aus raffinierten und nativen Rapspeiseölen, welche entweder im Handel oder direkt beim Hersteller beschafft wurden, sowie Rapsölkraftstoffen, welche vom TFZ in Straubing bei süddeutschen dezentralen Ölmühen akquiriert wurden. Dieses Probenset umfasst 180 Proben. Die Rapssaat wurde größtenteils von den Firmen KWS, Agrartest, DSV und NPZ Lembke gestellt. Weitere Proben verschiedener Anbauorte wurden von der Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vorpommern in Gülzow und vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Nossen zur Verfügung gestellt. Dieses Set umfasst 195 Proben. Zur Erweiterung des Konzentrationsbereiches wurden 4 Proben bei 3 Bedingungen gelagert (Trockenschrank, UV-Licht und draußen). Die Referenzanalytik der Öle wurde nach VDLUFA-Methodenbuch III, 1997, Methode 5.2.1, durchgeführt. Die Untersuchung der Saat erfolgte nach einer leicht modifizierten Methode direkt an den gemahlene Körnern (Moschner und Biskupek-Korell, 2006).

Tab. 1: Übersicht der FFA-Gehalte Rapssaat und Rapsöl

	Einheit	Min.	Max.	Bandbreite
FFA Saat	% (w/w)	0.59	2.02	1.42
FFA Öl	% (w/w)	0.07	2.48	2.42

Die Aufnahme der Spektren erfolgt mit dem Bruker MPA (Multi Purpose Analyzer), einem Fourier-Transform-Nahinfrarotspektrometer. Die Auswertung und Erstellung der Schätzmethoden wird mit der Software OPUS 6.5, Unterprogramm Quant 2, vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Methode zur Schätzung des FFA-Gehaltes im Öl zeigt ein sehr gutes Bestimmtheitsmaß von $R^2=98,36$ (Ausreißer-bereinigt). Die Ergebnisse der Rapssaatschätzungen (Tabelle 2) sind etwas schlechter als die der Rapsöle. Die Entfernung von Ausreißern ergab eine Verbesserung von 50,32 auf ein R^2 von 77,20 und einem äußerst geringen Fehler von 0,028 % absolut.

Tab. 2: Statistische Parameter der Kreuzvalidationen FFA Rapssaat und Rapsöl

		Rapsöl	Rapsöl (ohne Ausreißer)	Rapssaat	Rapssaat (ohne Ausreißer)
FFA [%]	Anzahl	180	173	195	147
	R^2	90.55	98.36	50.32	77.20
	RMSECV	0.123	0.051	0.143	0.028
	RPD	3.25	7.82	1.42	2.09

In Abbildung 1 sind die Referenzwerte der FFA-Gehalte aufgetragen gegen die Differenz zum Schätzwert der Rapsöle, um die Bandbreite und den geringen Fehler darzustellen. Die Methode zur Schätzung der FFA-Gehalte im Öl nach Ausreißerentfernung ist als hervorragend zu bezeichnen, auch wegen des RPD-Wertes (RPD=ratio of standard error of prediction to standard deviation) von 7,82 und einem Fehler der Kreuzvalidation (RMSECV) von nur 0,051% absolut. Somit beträgt der Fehler nur ca. 1/6 der Vergleichbarkeit der Referenzmethode (0,3%).

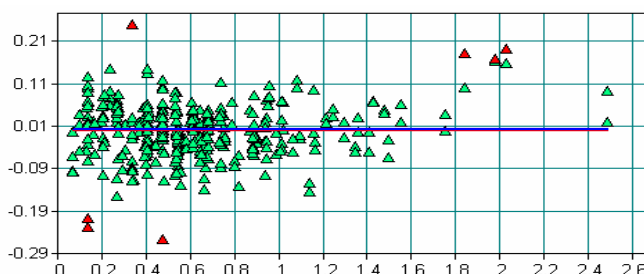


Abb. 1: Referenzwert vs. Differenz zum Schätzwert FFA-Gehalt Rapsöle

Literatur

- Moschner, C.R. und B. Biskupek-Korell 2006: Estimating the Content of Free Fatty Acids (FFA) in High Oleic Sunflower Seeds by Near-Infrared Spectroscopy (NIRS), Eur. J. Lipid Sci. Technol. 108: 606-613.
- Remmele, E. 2007: Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich. Straubing : TFZ, 2007. Bd. Berichte aus dem TFZ 12.
- VDLUFA-Methodenbuch III, 1997: Methode 5.2.1, Bestimmung von freien Fettsäuren. VDLUFA-Verlag.

Ertrag und Korninhaltsstoffe von Amaranth (*Neuer Typ*) bei organischer und mineralischer Düngung auf einem Sandstandort

Joachim Raupp, Lorenz Dobiaschowski & Meike Oltmanns

Einleitung

Der Anbau von Pseudocerealien gilt als interessante Alternative für Marktfruchtbetriebe. Vor allem Amaranth wird zunehmend angebaut, da er wenig anspruchsvoll im Hinblick auf die Standortqualität ist. Er eignet sich als C4-Pflanze für warme, eher trockene Standorte. Welche Rolle die Düngungsart und -menge unter diesen Bedingungen spielt, wurde in 2008 in einem Langzeitversuch mit Stallmist und Mineraldüngung in unterschiedlicher Dosierung untersucht.

Material und Methoden

In einem Langzeitversuch nahe Darmstadt (sand. Braunerde, 9,5 EC, 590 mm) wurden Rottemistdüngung mit und ohne Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate und Mineraldüngung (Kalkammonsalpeter, Superphosphat, Kalimagnesia) jeweils in 3 Aufwandmengen von 60/80/100 kg ha⁻¹ Gesamt-N miteinander verglichen. Weitere Einzelheiten des Versuches sind an anderer Stelle zu finden (Raupp & Oltmanns, 2006). Im Jahr 2008 wurde Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* Neuer Typ) angebaut (Vorfrucht Sommerweizen). Die Aussaat war am 23.05.08, die Ernte nach 111 Tagen am 11.09.08. Die Wasserzufuhr durch Niederschläge und Beregnung von Aussaat bis Ernte betrug 305 mm. Zur Ertragsbestimmung wurde das Korngut nach der Ernte bei Raumtemperatur bis zu ca. 13 % Feuchte getrocknet und mit einem Brabender Labofix (Siebzylinder 1,75 mm) gereinigt. Zur TKG-Bestimmung wurden die Kornproben von Hand nachgereinigt. Der Rohproteingehalt der Körner wurde auf der Basis von Kjeldahl-N berechnet (Faktor 6,25). Der Gesamtfettgehalt wurde nach der Soxhlet-Methode (HCl-Aufschluss, Petroleumbenzin-Extraktion) bestimmt. Die angegebenen Ergebnisse beziehen sich auf 100 % Trockensubstanz. Die Daten wurden varianzanalytisch ausgewertet (Split-Block-Modell). Signifikante Mittelwertsunterschiede ($p < 0,05$) sind mit ungleichen Buchstaben gekennzeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Mit dem niedrigen Düngungsniveau erzielte Mineraldüngung einen höheren Ertrag als Stallmist, bei hoher Aufwandmenge jedoch waren die Mistvarianten überlegen (bis zu 28 dt ha⁻¹; Tab. 1). Offenbar war die Nährstoffversorgung aus der organischen Düngung besser geeignet, hohe Erträge zu erzielen. Unsere durch Mähdrusch festgestellten Erträge entsprechen ungefähr den durch Handernte erzielten Ergebnissen unter ähnlichen Standortverhältnissen in Ost-Österreich (Gimplinger et al., 2008). Eine mehrjährige Sortenprüfung in der Rheinebene allerdings ergab im Mittel ca. 10 % höhere Erträge als in unseren Mistvarianten bei gleicher Bestandesdichte (Stolzenburg, 2007). In unserem Versuch standen 50 Pflanzen pro m², ohne sicheren Einfluss der Düngung (Daten nicht gezeigt). Das Tausendkorngewicht blieb ebenfalls ohne signifikanten Düngungseffekt. Der Rohproteingehalt der Körner war mit mineralischer Düngung immer höher als mit organischer und stieg bei jeder Düngungsart von der mittleren zur hohen Aufwandmenge signifikant an. Wahrschein-

lich waren die niedrigeren Korn-N-Gehalte der Mistvarianten Folge des Verdünnungseffektes durch die höheren Erträge. Der Fettgehalt zeigte keine Düngungseffekte.

Trotz anbautechnischer Probleme (gleichmäßige Aussaat, möglichst einheitliche Abreife, Risiko für Ernteverluste) ist Amaranth für solche Standorte eine sehr interessante Körnerfrucht. Um das Ertragspotential der verfügbaren Sorten besser realisieren zu können, sollte mehr Gewicht auf die Optimierung der Anbautechnik gelegt werden.

Tab. 1: Kornertrag und Korninhaltsstoffe von Amaranth bei Rottemistdüngung ohne (RM) und mit biologisch-dynamischen Präparaten (RMBD) und bei Mineraldüngung (MIN) in jeweils 3 Stufen; LSD₀₅ = Grenzdifferenz für p<0,05, n.s. = nicht signifikant

	niedrig	mittel	hoch	Mittelw.
	Kornertrag (dt ha ⁻¹), 100 % TM			
RM	20,6	25,4	28,0	24,7
RMBD	19,7	24,5	27,6	23,9
MIN	25,1	25,4	24,6	25,0
Mittelw.	21,8	25,1	26,7	LSD ₀₅ = 3,01
	Tausendkorngewicht (g)			
RM	0,90	0,91	0,89	0,90
RMBD	0,90	0,90	0,88	0,90
MIN	0,92	0,93	0,93	0,93
Mittelw.	0,91	0,91	0,90	n.s.
	Rohproteingehalt (%)			
RM	13,4	13,6	14,0	13,7
RMBD	13,0	13,4	14,1	13,5
MIN	14,1	15,2	15,9	15,1
Mittelw.	13,5	14,0	14,7	LSD ₀₅ = 0,40
	Gesamtfettgehalt (%)			
RM	6,52	6,63	6,68	6,61
RMBD	7,02	6,68	6,56	6,75
MIN	6,41	6,47	6,30	6,39
Mittelw.	6,65	6,59	6,51	n.s.

Literatur

- Gimplinger, D.M.; G. Schulte auf'm Erley; G. Dobos und H.-P. Kaul 2008: Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. Eur. J. Agronomy 28: 119-125.
- Raupp, J. und M. Oltmanns 2006: Soil properties, crop yield and quality with farmyard manure with and without biodynamic preparations and with inorganic fertilizers. In: Raupp, J.; C. Pekrun; M. Oltmanns und U. Köpke (Eds.): Long-term Field Experiments in Organic Farming. ISOFAR Scientific Series 1; Verlag Dr. Köster, Berlin; 135-155.
- Stolzenburg, K. 2007: Ergebnisse mehrjähriger Versuche mit Amaranth (*Amaranthus ssp.*) in der Rheinebene. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19: 48-49.

Virtuelle Saatgut- und Pflanzenbank Halle (ViSaP HAL): Entwicklung eines E-Learning Moduls zur Artbestimmung bei Nutzpflanzen

Karin Förster & Wulf Diepenbrock

Problemstellung

Zu den Grundlagen der agrar- und ernährungswissenschaftlichen Ausbildung gehört, dass ein Verständnis für die Entwicklung der wichtigsten Nutzpflanzen in Abhängigkeit von genetischen und äußeren (Umwelt-) Bedingungen vermittelt und erreicht wird, dass jeder Studierende die Art in jedem Entwicklungsabschnitt sicher ansprechen kann. Diese Kenntnisse sind die Basis für das Verständnis aller weiteren agronomischen und technologischen Prozesse und damit eine wesentliche Grundlage für die im Berufsleben notwendigen Entscheidungen.

Im Studiengang „Bachelor Agrarwissenschaften“ ist die Vermittlung der Kenntnisse über die ein- und zweijährigen Nutzpflanzenarten Mitteleuropas am lebenden Objekt, d. h. an Material mit entwicklungs- und umweltbedingten Modifikationen im mikro- und makroskopischen Bereich vom Saatgut bis zum Bestand hin, lediglich im Zeitfenster eines Semesters möglich. Dadurch können die Studierenden nur einige der jahreszeitlich typischen Entwicklungsstadien der Nutzpflanzen in situ kennen lernen. Für das ergänzende Selbststudium fehlt zurzeit Fachliteratur, die schematische oder exemplarische Darstellungen diakritischer Merkmale mit deren tatsächlicher Ausprägung z. B. am Saatgut oder an Jungpflanzen darstellt bzw. die derartige Merkmale für unterschiedliche Entwicklungsstadien der Arten beim aktuellen Sortenspektrum berücksichtigt. Dieser Nachteil gilt auch für Darstellungen von Samen und Pflanzen im World Wide Web, die weder unter Berücksichtigung agronomisch wichtiger Merkmale noch mit dem Ziel der Artbestimmung der Nutzpflanzen Mitteleuropas konzipiert wurden.

E-learning als eine Möglichkeit des zeit-, orts- und personenunabhängigen Lehrens und Lernens kann Präsenzlehre unterstützen oder ergänzen. Es ist deshalb ein zur Vermittlung von Kenntnissen und entwicklungsphysiologischen Zusammenhängen besonders gut geeignetes Instrument. Im Folgenden wird die Konzeption der virtuellen Saatgut- und Pflanzenbank Halle (ViSaP HAL) vorgestellt, die mit dem Schwerpunkt „Bestimmung der Nutzpflanzenart am Saatgut bzw. an agronomisch bedeutsamen Entwicklungsstadien der Pflanzen im Bestand“ ein zusätzliches Lehr- und Lernangebot zur Verfügung stellt.

Beschreibung des Vorhabens

Das Vorhaben gliedert sich in mehrere Stufen. In der ersten Stufe wurden anhand der verfügbaren Bestimmungsliteratur und Sortenbeschreibungen für die Getreidearten Saatgerste (*Hordeum vulgare* L. sensu lato), Weichweizen (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.), Spelzweizen (*Triticum spelta* L.), Hartweizen (*Triticum durum* Desf.), Roggen (*Secale cereale* L.), Triticale (X *Triticosecale* Wittm.) und Hafer (*Avena sativa* L.) sowie Mais (*Zea mays* L.) und Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.) Bestimmungshilfen für die vegetative und die generative Entwicklungsphase der Pflanzen entwickelt (Förster 2008a und 2008b) und in die Übungen zur Nutzpflanzenkunde einbezogen.

In der zweiten Stufe erfolgt die maßstabgetreue digitale Visualisierung wesentlicher makro- und mikroskopischer Gattungs- und Artmerkmale von Pflanzen während der vegetativen und der generativen Entwicklung. Die Bilder werden mit pflanzenbaulich relevanten Angaben untersetzt. Der Schwerpunkt der Visualisierung wird auf den Arten der ersten Projektstufe liegen.

In der dritten Stufe sollen die Ergebnisse der Stufe 1 und 2 in einer Datenbank so zusammengeführt werden, dass sie zur Ergänzung der Präsenzlehre in der Nutzpflanzenkunde genutzt werden können und den Studierenden zur Lernunterstützung als Computer-unterstütztes-Lernen oder als web-Angebot zur Verfügung stehen. Beide Formen gestatten insbesondere das Herausarbeiten der sorten- und standortbedingten Variabilität diakritischer Merkmale der Nutzpflanzen im Keim- und Jungpflanzenstadium sowie zur Blüte. Sie bieten darüber hinaus den Vorteil einer schnellen Aktualisierung nach der Zulassung von Sorten, deren Phänotyp sich durch die besondere Ausprägung eines Merkmals auszeichnet.

Die Datenbank ermöglicht die Entwicklung eines E-learning-Moduls zur Artbestimmung bei Nutzpflanzen unter Berücksichtigung des individuellen Wissensstandes und sich daraus ergebender unterschiedlicher Lernziele. So werden diakritische Merkmale der Arten in verschiedenen Entwicklungsabschnitten ebenso abrufbar sein wie Begriffserklärungen, z. B. für unterschiedliche Formen der Blattbehaarung (Warzenhaare, borstige Haare) oder Erläuterungen von halbquantitativen Angaben (gering behaart, stark behaart).

Prototypen beider ViSaP HAL-Stufen werden im Sinne des „Blended Learning“-Konzepts erprobt und in enger Kooperation mit den Studierenden weiter entwickelt.

Neben den genannten Arten sollen zukünftig weitere Nutzpflanzenarten in das Vorhaben einbezogen werden.

Danksagung

Für die Unterstützung bei der Dokumentation sorten- und arttypischer Merkmale der Getreidearten danken wir Herrn Dr. G. Hartmann von der LLFG Sachsen-Anhalt.

Literatur

Förster, K. 2008a: Nutzpflanzen. Getreide, Mais, Rispenhirse. I. Vegetative Entwicklungsstadien – Bestimmungshilfe. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Stand März 2008.

Förster, K. 2008b: Nutzpflanzen. Getreide, Mais, Rispenhirse. II. Generative Entwicklungsstadien – Bestimmungshilfe. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Stand März 2008.

Quantifizierung der Effekte von Boden, Unkraut und Herbizid auf den Ertrag von Winterweizen, Wintergerste und Mais mit einem gemischten linearen Modell als Grundlage für ein Expertensystem für Precision Farming Anwendungen

Christoph Gutjahr^{*1}, Hans Peter Piepho² und Roland Gerhards¹

1. Einleitung

Die Ertragsvariabilität landwirtschaftlicher Kulturpflanzen innerhalb eines Schrages hat oftmals verschiedene Ursachen. Ziel der teilflächenspezifischen Feldbewirtschaftung ist es, verschiedene pflanzenbauliche Maßnahmen an das natürliche Ertragspotenzial bzw. die gegebene Variabilität einzelner Flächen anzupassen. Dies kann jedoch nur gelingen, wenn neben der technischen Realisierbarkeit einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung auch Entscheidungssysteme für den ökonomisch und ökologisch präzisen Einsatz dieser Technik vorliegen. Für die Erstellung solcher Entscheidungssysteme müssen die Einflussgrößen auf den Ertrag innerhalb einer Fläche getrennt voneinander bewertet und quantifiziert werden. Gegenstand der vorliegenden Arbeit war es, Entscheidungsregeln für eine teilflächenspezifische Herbizidapplikation zu entwickeln. In früheren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Verteilung von Unkräutern in Ackerflächen sehr heterogen war und Herbizide in deutlichem Umfang durch die teilschlagspezifische Unkrautbekämpfung eingespart werden konnten (Gerhards & Oebel 2006). In den hier dargestellten Versuchen wurde anhand eines gemischt linearen Modells mit anisotropher räumlicher Korrelationsstruktur ermittelt, in welchem Umfang Bodenvariabilität, Unkrautverteilung und Herbizidapplikation einen Einfluss auf den Ertrag von Wintergerste, Weizen und Mais hatten. Diese Erkenntnisse sollen neben Unkraut-Konkurrenz-Modellen und Herbizid-Dosis-Wirkungs-Modellen bei der Entwicklung eines Expertensystems zur teilflächenspezifischen Herbizidapplikation miteinbezogen werden.

2. Material und Methoden

2.1. Versuchsanlage

In den im Precision Experimental Design durchgeführten Feldversuchen wurden die Ertragseffekte von Unkräutern, Ungräsern und verschiedener Herbizide bestimmt. Um eine hohe Anzahl der verschiedenen möglichen Kombinationen aus Unkraut-Ungrasbesatz (viel, wenig) und Herbizid-applikation (ja, nein) zu erhalten, ist man bei der Durchführung dieser Feldversuche auf eine große Heterogenität der Unkrautverteilung angewiesen. Eine Randomisation gewährleistet, dass alle möglichen Kombinationen in ausreichender Zahl vorkommen. Bei einem klassischen Feldversuch mit einer randomisierten Blockanlage ist man bestrebt, natürliche Heterogenität so gut es geht zu vermeiden. Beim Precision Experimental Design wird diese Heterogenität der Fläche bewusst genutzt und ermöglicht so Versuche mit vielgliedriger Versuchfragestellungen die in klassischen Feldversuchen in dieser Form nicht möglich wären. Gerade wenn es darum geht, Entscheidungsvorschriften für eine Precision Farming Anwendung zu entwickeln, muss bekannt sein, wie sich

^{* a}Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität, Hermann-Rodewald-Str. 9, D-24118 Kiel

^bInstitut für Tierernährung und Stoffwechselfysiologie, Christian-Albrechts-Universität, Hermann-Rodewald-Str. 9, D-24118 Kiel

verschiedene Maßnahmen in Abhängigkeit der an der Teilfläche vorliegenden natürlichen Eigenschaften auf den Ertrag auswirken. In diesem Versuch war es die Heterogenität der Unkraut- und Ungrasverteilung, die mit verschiedenen Herbizidapplikationsvarianten kombiniert wurde. In anderen Versuchsfragestellungen wäre es zum Beispiel ebenso möglich, die Bodeneigenschaften, die Vitalität und Dichte des Kulturpflanzenbestandes als natürliche Heterogenität mit verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren oder Düngungsvarianten zu kombinieren.

Die Versuche wurden in den Jahren 2007 und 2008 in Mais und Winterweizen durchgeführt. Die Anlage der Versuche erfolgte in einem Precision Experimental Design (Abb. 4). Es wurden in mehrfacher Wiederholung Streifen ohne Herbizidapplikation, ganzflächige Applikation einer Tankmischung sowie Applikationen der einzelnen Herbizide, die in der Tankmischung enthalten waren angelegt. Die Breite der Varianten betrug 9 Meter. Dieser Versuchsaufbau gewährleistete, dass jede Faktorkombination bestehend aus Boden, Unkrautbesatz und Applikationsvariante in ausreichend großer Anzahl vorhanden war, wodurch eine sichere statistische Analyse durchgeführt werden konnte.

2.2. Versuchsdurchführung und Datenaufbereitung

Die Unkrautverteilung wurde jeweils visuell vor der Herbizidapplikation in einem Raster von 9×9 Metern bestimmt. Die Unkrautdichte aller vorkommenden Arten wurde dabei an jedem Rastermittelpunkt auf einer Fläche von 0,4 m² ausgezählt. Anschließend erfolgte eine Einteilung der Unkräuter entsprechend der Wirksamkeit von Herbiziden in zwei Klassen. Aus der Information über die räumliche Verteilung und die Anzahl der Unkräuter wurden mit Hilfe eines Geo-Information-Systems (GIS) Unkrautverteilungskarten erstellt. Ziel der Datenaufbereitung war es, alle teilflächenspezifisch ermittelte Daten zu georeferenzieren und mit den Unkrautverteilungskarten zu verknüpfen. So erhält man für jede Rasterzelle des Schläges eine Attributtabelle, die Angaben zur Verunkrautung, der sich daraus ableitenden Applikationsentscheidung, der Bodengüte (EM 38 Sensor) und des Ertrages enthält. Die Verschneidung der Karten erfolgte in einem GIS (*Open Jump*), wobei für jede Teilfläche die gewichteten Mittelwerte aus Ertrag, Unkrautdichte und ECa Wert gebildet wurden. Innerhalb einer solchen Teilfläche wurde von einer Homogenität der Verunkrautung ausgegangen. Zusammengefasst zu einer Tabelle ergaben die Attribute der einzelnen Teilflächen die Grundlage für die statistische Auswertung.

2.3. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem unten dargestellten gemischt linearen Model mit anisotropher räumlicher Korrelationsstruktur durchgeführt. Der Ertrag ist dabei die Zielvariable, Bodengüte und Unkrautbesatz sind Covariablen und die Herbizidapplikation (ja/nein) ist der Versuchsfaktor (Ritter et al, 2008).

$$y_{ij} = \mu + \sum_{k=1}^{K=3} \omega_{ijk} \tau_k + \sum_{k=1}^{K=3} [\omega_{ijk} \beta_{1k} + (1 - \omega_{ijk}) \beta_{0k}] x_{ijk} + \lambda z_{ij} + e_{ij}$$

y = Ertrag; i = Reihe; j = Spalte; μ = Konstante; k = Unkrautart; ω = Variante (1 = behandelt, 0 = unbehandelt); τ = Korrelation; β = Regressionskoeffizient; x = Unkrautdichte; λ = Regressionskoeffizient von EM38; z = EM38-Wert; e = Gauß-Fehler mit anisotropher exponentieller räumlicher Korrelationsstruktur

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem gemischt linearen Modell mit anisotropher räumlicher Korrelationsstruktur der Versuchsjahre 2007 und 2008 sind in der Tabelle 6 abgebildet. Zwischen den ECa-Werten und dem Kornertrag war bei der Wintergerste als auch beim Weizen ein negativer Zusammenhang zu beobachten.

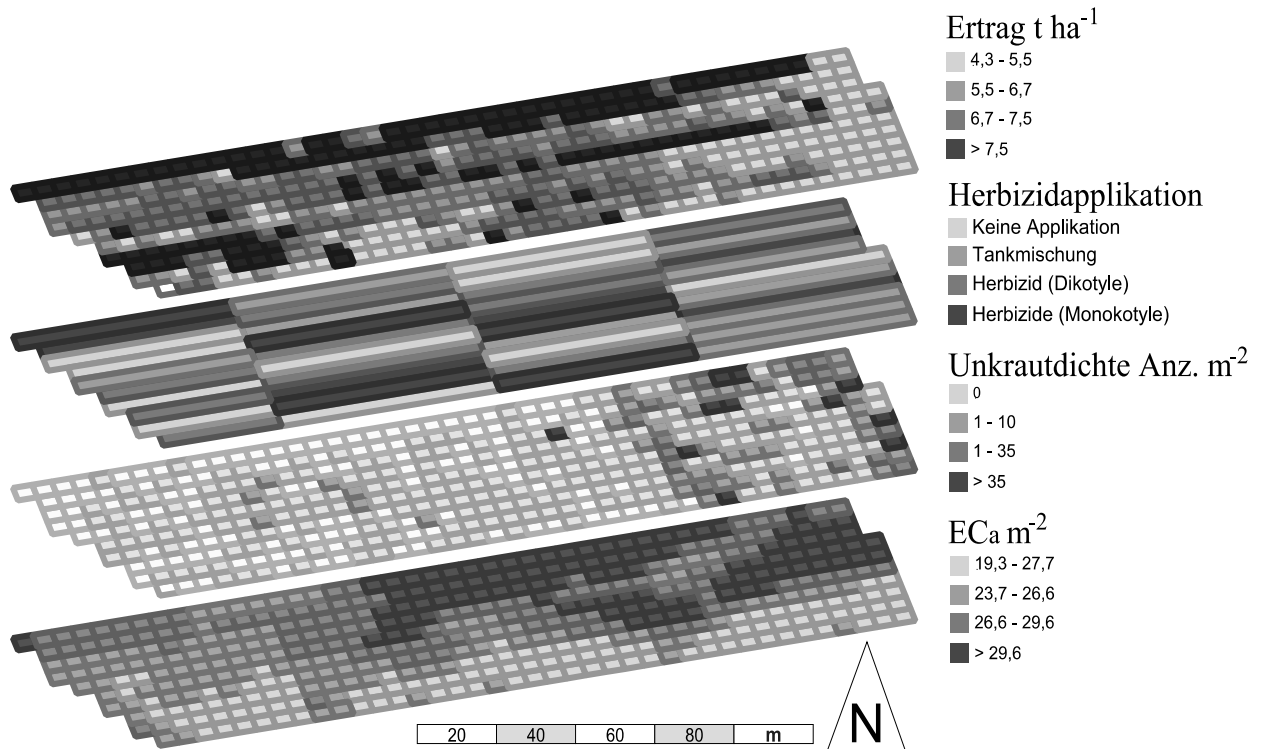


Abb. 4: Verschneidung der Karten mit der Information über die ECa Werte des Bodens [$ECa\ m^{-2}$], Unkrautdichte [$Anz.\ Pfl.\ m^{-2}$], Herbizidapplikation und den Kornertrag [$t\ ha^{-1}$]

Hier führte 1 $ECa\ m^{-2}$ zu einer Ertragsreduktion von $0,095\ t\ ha^{-1}$ (Wintergerste) bzw $0,156\ t\ ha^{-1}$ (Weizen). Auf der Maisversuchsfläche lagen keine ECa-Werte vor. Die Werte der Reichsbodenschätzung lagen für den gesamten Schlag einheitlich bei 75 Bodenpunkten. Auch wenn die Information über die Ertragswirkung des Bodens für die Versuchsfrage nicht direkt von Bedeutung ist, muss sie doch bekannt sein, um die Ertragseffekte sonstiger Faktoren und Variablen bereinigt um den Ertragseffekt des Bodens ermitteln zu können. Die Ertragseffekte der einzelnen Unkraut- und Ungraspflanzen m^{-2} lagen zwischen $-0,005$ (Wintergerste) und $0,047\ t\ ha^{-1}$ (Mais) (Gutjahr et al. 2008). Im Wintergerstenversuch war es wegen der gleichmäßigen Verteilung der Unkräuter nicht möglich, deren Ertragseffekt zu ermitteln. Die Ertragseffekte der Herbizidapplikation wurden an Teilflächen mit geringem Unkraut- und Ungrasbesatz ermittelt und lagen zwischen $-0,155\ t\ ha^{-1}$ (Wintergerste) und $-0,713\ t\ ha^{-1}$ (Weizen).

Tabelle 6: Ermittelte Ertragseffekte der Unkräuter und Ungräser [t Pflanze⁻¹] sowie der Herbizidapplikation und den EM 38-Werten [t ha⁻¹].

Kultur- pflanze	Ertragseffekt [t ha ⁻¹ Pflanze m ⁻²]		Ertragseffekt [t ha ⁻¹]		
	Unkräuter	Ungräser	Herbizid gegen Unkräuter	Herbizid gegen Ungräser	EM 38 [ECa m ⁻²]
Wintergerste (2008)	-	-0,005	-0,157	-0,155	-0,095
Mais (2008)	-0,028	-0,047	-	-0,341	-
Weizen (2007)	-0,009	-0,023	-0,203	-0,713	-0,156

Nicht alle Ergebnisse konnten statistisch abgesichert werden.

Abb. 5 zeigt eine Möglichkeit, wie das Ergebnis eines Precision Experimental Designs für die Erstellung von Entscheidungsregeln für die teilflächenspezifische Herbizidapplikation verwendet werden kann. Dargestellt ist der Nutzen der Herbizidapplikation [€ ha⁻¹] in Abhängigkeit vom Ungrasbesatz in Mais. Die zugrunde liegende Funktion wurde mit dem gemischt linearen Model ermittelt. Sie beschreibt wie in diesem Versuch der Ungrasbesatz (*Echinochloa-crus-galli*) den Maiskornertrag beeinflusst hat. Die Funktion berücksichtigt ebenfalls die Ertragswirkung des Herbizides, was in diesem Fall bei geringer Ungrasdicke zunächst zu einem negativen Nutzen der Herbizidapplikation führt. Der Schnittpunkt der Funktion mit der X-Achse beschreibt die biologische Schadschwelle, bei der die Konkurrenzwirkung des Ungrases dieselbe Ertragswirkung hat wie die Herbizidapplikation. In diesem Fall liegt die biologische Schadschwelle bei ca. 14 Ungräsern m⁻². Bei Herbizid- und Applikationskosten von 25 € ha⁻¹ wurde die ökonomische Schadschwelle bei einer Ungrasdicke von ca. 17 Ungräsern m⁻² erreicht. Hier war der Erlösverlust durch die Ungraskonkurrenz genauso hoch wie die Summe aus Bekämpfungskosten und der monetären Wirkung der Herbizidapplikation. Aus ökonomischer und ökologischer Sicht wäre es also sinnvoll, die Effekte des Bodens und des Herbizids in die Entscheidung über eine teilschlagspezifische Unkrautbekämpfung mit einzubeziehen. Das hier dargestellte Modell berücksichtigt die Konkurrenzeffekte durch das Unkraut, nicht jedoch die langfristigen Auswirkungen einer Restverunkrautung in den folgenden Jahren. Diese sollte mit Hilfe populationsdynamischer Modelle ebenfalls berücksichtigt werden. Grundsätzlich können die Ergebnisse von Feldversuchen im Precision Experimental Design bei der Erstellung von Expertensystemen für Precision Farming Anwendungen jedoch einen wesentlichen Beitrag leisten.

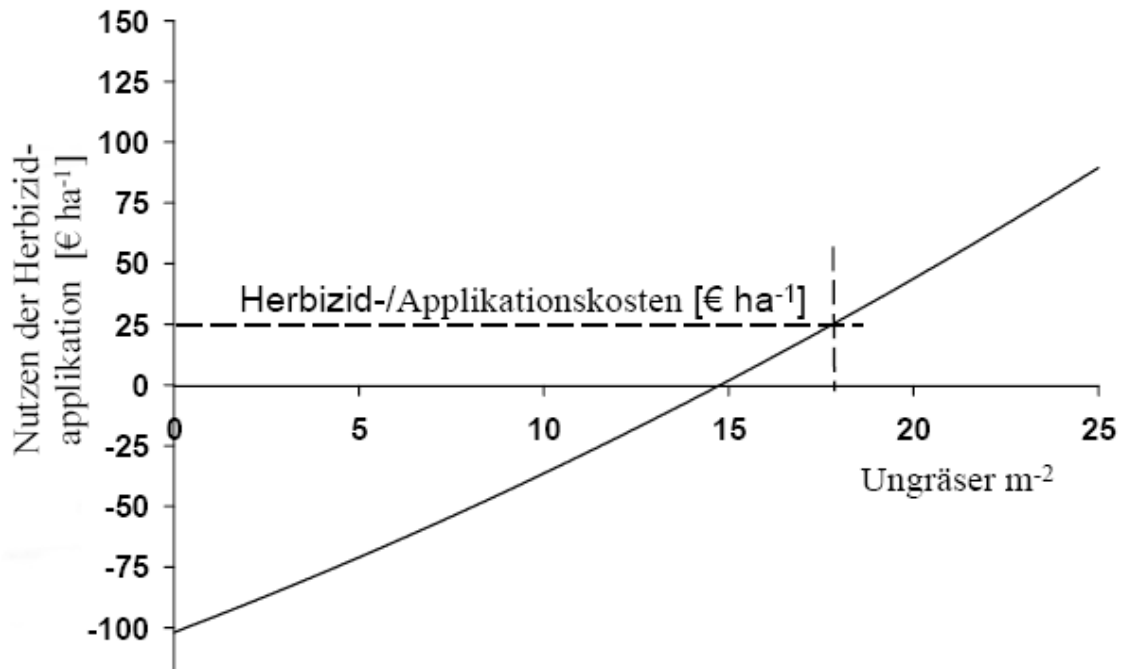


Abb. 5: Nutzen der Herbizidapplikation $[€ ha^{-1}]$ in Abhängigkeit von der Ungrasdicke (*Echinochloa-crus-galli*) in Mais. Es wurde ein Maispreis von $200 € ha^{-1}$ angenommen.

Literatur

- Gerhards, R. und H. Oebel, 2006: Practical experiences with a system for site-specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. *Weed Research* 46, 185-193.
- Gutjahr, C., M. Weis, M. Sökefeld, C. Ritter, J. Möhring, A. Büchse, H.P. Piepho und R. Gerhards, 2008: Erarbeitung von Entscheidungsalgorithmen für die teilflächenspezifische Unkrautbekämpfung. *Journal of Plant Diseases and Protection Special Issue XXI*, 143-148.
- Ritter, C., D. Dicke, M. Weis, H. Oebel, H.P. Piepho, A. Büchse, R. Gerhards, 2008: An on-farm research approach to quantify yield variability and to derive decision rules for site-specific weed management. *Precision Agriculture* 9, 133-146.

Remote sensing and simulation modelling as tools for improving nitrogen efficiency for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.)

Karla Müller

Einleitung

Winter oilseed rape (OSR) became more and more important during the last decades due to its profitability, the potential to grow OSR as a renewable resource for biofuel production and its beneficial value as preceding crop. However, OSR is one of the most inefficient crops concerning N (Lickfett and Przemeczek, 1995; Sieling, 1997). Reasons are early leaf fall during the growth period, early harvest allowing a long time for mineralization of residues, low N-harvest indices compared to cereal crops (Malagoli et al., 2005). Additionally, wheat as the typical following crop takes up low amounts of nitrogen before winter. As a consequence, these factors can increase the risk of N losses after harvest by leaching into the groundwater (Chalmers and Darby, 1992). In order to reduce these problems several approaches in plant production are discussed like an adjusted nitrogen fertilizer application (Sieling et al., 1997), a changed crop rotation (Lickfett et al., 1994) or a reduced tillage (Henke, 2008). Plant breeders work on genotypes with a higher N efficiency (Behrens, 2002; Nyikako, 2003). Especially for cereal crops an improvement of nitrogen efficiency was found, caused by a site specific nitrogen application (Delin, 2005). The reason is that yield varies within fields because of different soil properties and therefore different water availability. The uniform amount of fertilizer is determined on sites with highest nitrogen demand, thus high yielding sites (McBratney and Whelan, 1999). Low yielding sites cannot use these amounts of nitrogen, so that surpluses of nitrogen and therefore nitrogen losses are high.

For OSR there are hardly any experiences on site specific fertilization. Yield maps of OSR indicate that yields show even higher variability for OSR than for cereal crops (Joernsgaard and Halmoe, 2002), so that high site specific differences concerning nitrogen uptake can be assumed. Reasons for these differences can be caused on the one hand by different soil properties and therefore different water and nitrogen availability and on the other hand by other aspects like emergence and establishment in autumn or position depending inclination, which can cause different radiation intensities. A plant growth model for OSR might be a useful tool for the analysis of growth and yield determining parameters. For initialization and parameterization of site and year specific depending factors, information of specific growth measures like biomass and N uptake are needed. Since destructive measurements in realtime and for large areas are too labour intensive, sensory measurements may be useful to assess those parameters (Xue et al., 2004). Additionally, knowledge about phenological development, which affects growth and yield formation, may be useful to control plant growth simulations (Mendham et al., 1981; Habekotté, 1997).

The objectives of this thesis are on the one hand to establish a sensory, non-destructive method to achieve information on site specific variability. This should be obtained by measuring canopy reflectance that saves intensive destructive measurements in the fields. On the other hand, a phenological model should be developed and parameterized on German conditions to predict developmental stages with a high resolution. Afterwards, a crop growth model for OSR should be

developed, to predict plant parameters like biomass and nitrogen supply of the crops in the time course, so that the need for fertilizer and yield can be derived. Closing, the two models should be connected, so that different growth traits during the vegetation period inside the growth model can be controlled by development. In combination with appropriate fertilizer algorithms, these investigations can contribute to a site specific fertilization recommendation.

Material und Methoden

The first objective for this thesis was to test a non-destructive method for the estimation of different crop canopy parameters of OSR. From hyperspectral reflectance measurements vegetation indices (VI) were derived that were tested on their prediction power for three plant parameters: green area index (GAI), shoot dry matter (DM_{shoot}) and total nitrogen amount in the shoot (N_{shoot}). The derivation of VI was conducted according to a new approach by systematically testing all waveband ratios, out of 61 available wavebands, in two different forms: a simple ratio (SR) form λ_1/λ_2 and a normalized difference index (NDI) form $(\lambda_1-\lambda_2)/(\lambda_1+\lambda_2)$. To obtain variability among the investigated crops, reflectance measurements were conducted on four differently fertilized winter oilseed rape crops.

In the course of the second objective a phenological model for OSR was developed. The model is based on BRASNAP-PH (Habekotté, 1997), which allows for the prediction of four developmental stages (DVS): emergence, the onset and end of flowering and maturity. To obtain a more detailed description of development according to the BBCH scale (Lancashire et al., 1991), BRASNAP-PH was modified in different ways. Some parameters were deleted or displaced, an additional developmental rate was implemented, enabling the calculation of leaf development and stem elongation rates separately. Also, equations for the derivation of BBCH stages out of DVS were implemented. During leaf development, BBCH stages were derived from the number of visible leaves, which were estimated using the newly estimated phyllochron. These structural changes of the model enabled an easier parameterization from field observations, because BBCH stage is defined by visible events of plant morphology. The model was calibrated and validated on a large data set obtained throughout Germany.

The third objective was the development of an empirical crop growth model for OSR that calculates plant dry matter production (DM_{plant}), its partitioning into leaf and stem dry matter (DM_{leaf} and DM_{stem}), the derivation of leaf and stem area (LAI and SAI), the nitrogen concentration of leaf and stem (N_{leaf} and N_{stem}) as well as the amount of nitrogen in leaf and stem and in the aboveground dry matter of the shoot (N_{leaf} , N_{stem} , N_{shoot}). Dry matter production relies on the concept of light use efficiency, LUE (Jones and Kiniry, 1986; Williams et al., 1989). Parameters, which could not be optimized inside the model because of structure and availability of data, were taken from literature or derived from external data; others were optimized inside the model. Prediction power for plant parameters were tested on three independent data sets.

Ergebnisse und Diskussion

Newly generated VIs proved to be suited for deriving crop canopy parameters like GAI, DM_{shoot} and N_{shoot} for the time course of emergence to flowering. Especially waveband combinations of the near infrared reflectance, 740 nm and 780 nm, achieved best results concerning r^2 and RMSE, presumably because reflectance in the visible region of the spectrum approaches saturation with leaf area index (LAI)

values of higher than three. Therefore, VIs derived from those wavelengths are not applicable for the estimation of crop canopy parameters in later stages of plant development (Filella 1995; Aparicio 2000). Near infrared light needs a higher LAI to reach saturation of reflectance, and therefore VIs based on these wavelengths can be used to estimate crop canopy parameters like biomass even in late phases of the growth period (Tarpley 2000). However, algorithms are needed, which convert this information to fertilizer recommendations. Also, recent studies on the suitability (unpublished) of reflection measurements during fall on the field scale revealed problems concerning several aspects. The angle of incoming radiation should be as vertical as possible during the whole measurement time, because changes in inclination can cause high variations for reflectance spectra (Reusch, 1997). Also, measurements of reflection must be conducted with dry crops, because wet canopies distort results. Caused by short days and wet weather conditions, canopies in late fall are often watery, so that proper measurements often cannot be carried out. To obtain information on crop parameter in time course, crop growth models can be used also. Reflectance measurements could be used for initialization or parameterization. The presented model for OSR predicts dry matter production, green area index and nitrogen uptake in the time course from emergence to flowering, including losses of dry matter during winter. Alternatively to reflectance measurements, predictions for N_{shoot} by the model in late fall could be used to derive fertilizer recommendations. Following, the phenological model establishes a helpful tool to control of different growth traits during development. The presented model can predict developmental stages according to the BBCH scale (Lancashire et al. 1991). It is based on BRASNAP-PH (Habekotté, 1997), which was developed for northwest Europe. According to many studies that have been conducted on the sensitivity of the development of winter oilseed rape and related plants to vernalization and photoperiod (Andrew, 1991, Mendham, 1981, Robertson, 2002, Huang, 2001, Yan, 1998), the phenological development is mainly based on vernalization, photoperiod and temperature. Parameter optimization on a large data set throughout Germany, lead to robust calibration and cross calibration. Phenological stages can be predicted with a root mean square error (RMSE) of 3.11 for the whole developmental phase. Therefore, it can also be used to support growth specific production management strategies for OSR.

The presented results can contribute to the application of a site specific fertilization by providing information on site specific variability of crop parameters on the one hand and by analyzing crop growth in the time course from emergence to flowering with a crop growth model. Prediction of phenological development can support growth-specific production management and serve as control entity for manage different crop growth traits inside crop growth models. To analyze the impact of site specific fertilization on improving N efficiency for winter oilseed rape, this concept has to be tested on the field scale. In general, site specific application cannot be seen as the only factor for improving N efficiency for OSR. Further investigations for the understanding of seed yield forming processes, which has hardly been conducted in the past, should be carried out. This may give insights to possible effects of altered N applications for the improvement of N fluxes to and inside the crop during seed formation. Also, other aspects concerning production management based aspects, like a change in crop rotation and a reduced tillage, or concerning breeding

programmes should be considered. A combination of all factors seems to be the most promising approach for improving N efficiency for OSR.

Literatur

- Andrew, M., Tommey, M., Evans, E.J. (1991). "Temperature and daylength control of flowering initiation in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.)." *Annals of Applied Biology* 118: 201-208.
- Aparicio, N., Villegas, D., Casadesus, J., Araus, J.L., Royo, C. (2000). "Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield." *Agronomy Journal* 92: 83-91.
- Behrens, T. (2002). "Stickstoffeffizienz von Winterraps (*Brassica napus* L.) in Abhängigkeit von der Sorte, sowie der Menge, Zeit und Form variiertes Stickstoffdüngung." Universität Göttingen.
- Chalmer, A. G., Darby, R. J. (1992). "Nitrogen application to oilseed rape and implications for potential leaching loss." *Aspects of Applied Biology* 30: 425-430.
- Delin, Sofia (2005). "Site-specific nitrogen fertilization demand in relation to plant available soil nitrogen and water." PhD Thesis, Dept. of Soil Sciences, Acta Universitatis agriculturae Sueciae vol.6.
- Filella, I., Serrano, L., Serra, J., Penuelas, J. (1995). "Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis." *Crop Science* 35: 1400-1405.
- Habekotté, B. (1997). "A model of the phenological development of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.)." *Field Crops Research* 54: 127-136.
- Henke, J. (2008). "Entwicklung und Bewertung von Strategien zur Verbesserung der Stickstoffeffizienz im Winterrapsanbau." Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Schriftenreihe 54.
- Huang, J. Z., Shrestha, A., Tollenaar, M., Deen, W., Rajcan, I., Rahimian, H., Swanton, C. J. (2001). "Effect of temperature and photoperiod on the phenological development of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.)." *Field Crops Research* 70: 75-86.
- Joernsgaard, B., Halmoe, S. (2002). "Intra-field yield variation over crops and years." *European Journal of Agronomy* 19: 23-33.
- Jones, C. A., Kiniry, J. R. (1986). "CEREZ-Maiz. A simulation study of maize growth and development." Texas A & M University Press, College Station: 1-194.
- Lancashire, P.D., Bleiholder, H., Langelüddecke, P., Stauss, R., Boom, T.V.D., Weber, E., and Witzemberger, A. (1991). "An uniform decimal code for growth stages of crops and weeds." *Ann. appl. Biol.* 119: 561-601.
- Lickfett, T., Przemek, E. (1994). "Stickstoffsalden von Rapsfruchtfolgen bei verminderter Produktionsintensität." *VDLUFA-Schriftenreihe* 38: 769-772.
- Malagoli, P., Laine, P., Rossato, L., Ourry, A. (2005). "Dynamics of Nitrogen Uptake and Mobilization in field-grown Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) from Stem Extension to Harvest I. Global N Flows between Vegetative and Reproduction Tissues in relation to Leaf Fall and their Residual N." *Annals of Botany* 95: 863-861.
- McBratney, A. B., Whelan, B. M. (1999). "The null hypothesis of precision agriculture." Paper presented at the 2nd ECPD, Odense.
- Mendham, N. J., Shipway, P. A., Scott, R. K. (1981). "The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus* L.)." *The Journal of Agricultural Science* 96: 389-416.
- Nyikako, J. A. (2003). "Genetic Variation for Nitrogen Efficiency in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.)." Dissertation, Universität Göttingen.
- Reusch, S. (1997). "Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen." Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik. Kiel, Christian-Albrechts-Universität: 156.
- Robertson, M. J., et al (2002). "Environmental and genotypic control of time to flowering in canola and Indian mustard." *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 793-809.
- Sieling, K., Günther-Borstel, O. & Hanus, H. (1997). "Effect of slurry application and mineral nitrogen fertilization on N leaching in different crop combinations." *The Journal of Agricultural Science* 128: 79-86.
- Tarpley, L., Reddy, K. R., Sassenrath-Cole, G. F. (2000). "Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration." *Crop Science* 40: 1814-1819.
- Williams, J. R., Jones, C. A., Kiniry, J. R., Spanel, D. A. (1989). "The EPIC crop growth model." *Transactions of American Society of Agricultural Engineers* 32: 497-511.
- Yan, W., Wallace, D. H. (1998). "Simulation and Prediction of Plant Phenology for Five Crops Based on Photoperiod x Temperature Interaction." *Annals of Botany* 81: 705-716.
- Xue, Q., Weiss, A., Baenziger, P. S. (2004). "Predicting phenological development in winter wheat." *Climate Research* 25: 243-252.

Analyse von Beweidungseffekten auf ein semiarides Graslandökosystem der Inneren Mongolei

Philipp Schönbach, Hongwei Wan, Martin Gierus, Katrin Müller*, Lijun Lin*, Andreas Susenbeth*, Friedhelm Taube

Einleitung

Die weltweite Nachfrage nach Milch- und Fleischprodukten führt zu einem verstärkten Druck auf Graslandökosysteme. Generell ist dabei eine auf Ertragssteigerung ausgelegte Intensivierung zu beobachten, die sich in intensiv genutzten Grünlandbeständen der feuchten Mittelbreiten vor allem durch den verstärkten Einsatz von Stickstoff, höheren Schnitffrequenzen und der Nutzung von Hohertragsorten bemerkbar macht. In natürlichen Graslandökosystemen (z. B. Steppen, Savannen), deren Verbreitung vornehmlich durch ungünstige Standortbedingungen gekennzeichnet ist (Niederschlags- und/oder Nährstoffmangel), wird die Intensivierung im Wesentlichen durch eine Erhöhung der Tierzahlen erreicht. Die intensivierte Weidenutzung solch sensibler Bestände geht häufig mit einer Degradation der Vegetation und des Bodens einher. An dieser Stelle ergibt sich ein Konflikt, der durch das Streben nach (kurzfristiger) Ertragsmaximierung auf der einen und dem Ziel einer ökologischen Stabilität und Vielfalt auf der anderen Seite gekennzeichnet ist. In den Steppenregionen Nordchinas tritt dieser Konflikt besonders deutlich zu Tage. Die Innere Mongolei erfuhr in den letzten 15 Jahren einen rasanten Anstieg der Tierzahlen, vor allem an Schafen, Ziegen und Rindern. Der Mangel an innovativen Managementsystemen in Verbindung mit den stetig steigenden Tierzahlen führt zu einer fortschreitenden Degradation der innermongolischen Steppe und bedingt einer Reihe ökologischer und sozioökonomischer Probleme.

Im Rahmen der DFG Forschergruppe 536 ist das zentrale Ziel dieser Studie, die Effekte von Beweidung auf die Steppenvegetation der Inneren Mongolei anhand eines 150 ha umfassenden Weideversuchs nachzuvollziehen. Neben den grundlegenden, theoretischen Erkenntnissen zum Degradationsprozess, zielt der Versuch auch auf die Generierung von Empfehlungen zum Weidemanagement auf Basis agronomischer Parameter ab. Dabei ist die Identifizierung eines alternativen und produktiveren Weidemanagementsystems von Interesse. In dieser Studie gilt es zu prüfen, inwieweit (a) Beweidung eine Optimierung der Nettoprimärproduktion oberirdischer Biomasse (ANPP) im Sinne der *Grazing Optimization Hypothesis* (McNaughton 1979) bewirken kann, und (b) das alternative Managementsystem (Mixed System, MS) durch die jährliche Rotation zwischen Weide- und Schnittnutzung produktiver ist als das gegenwärtige Weidesystem (Traditional System, TS). Aufgrund der Regenerationsmöglichkeit während der Schnittnutzung wird vermutet, dass sich insbesondere im Bereich hoher Weideintensitäten Vorteile des MS zeigen (Schönbach et al. 2009).

Material und Methoden

Der rund 150 ha umfassende Schaf-Weideversuch wurde im Jahr 2005 angelegt und ist als Spaltanlage konzipiert. Die vorgestellten Daten beinhalten Ergebnisse aus den

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität, Hermann-Rodewald-Str. 9, D-24118 Kiel

* Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie, Christian-Albrechts-Universität, Hermann-Rodewald-Str. 9, D-24118 Kiel

Jahren 2005 bis 2008. Der Faktor Managementsystem ist als Großparzelle in den Blöcken 1 (ebenes Gelände) und 2 (Hanglage) und der Faktor Weideintensität als Kleinparzellen randomisiert innerhalb der Großparzellen angelegt. Eine Kleinparzelle besteht aus einer Weide (2 ha) und einer direkt benachbarten 1-Schnittwiese (2 ha). Im MS findet eine jährliche Rotation zwischen Weide- und Schnittnutzung statt, wohingegen im TS jedes Jahr dieselben Flächen entweder zur Weide oder Schnittnutzung herangezogen werden. Entsprechend der vorhandenen oberirdischen Biomasse wird die Schafzahl auf den Weiden nach Vorgabe der Intensitätsklasse festgelegt und ggf. monatlich angepasst. Insgesamt bilden sieben Intensitätsklassen einen Gradienten von unbeweidet bis hin zu sehr starkem Beweidungsdruck. Dabei repräsentieren die beiden höchsten Intensitätsklassen extreme Überweidungsszenarios. Die gesamte Parzelle einer Intensitätsklasse, also Weide und Wiese, wurden parallel zum Wiegen der Schafe monatlich beprobt. Während der Weidesaison (Juni – September) erfolgte auf jedem Plot an drei repräsentativen Arealen die monatliche Beprobung der Biomasse ($3 \times 0,5 \text{ m}^2$). Auf den Weiden wurde zum Zweck der Zuwachsbestimmung zusätzlich innerhalb von monatlich umzusetzenden Weidekäfigen beprobt. An jedem Beprobungspunkt wurde zunächst der Bedeckungsgrad mittels Schätzmethode bestimmt, die organische Streu ausgekämmt und anschließend die oberirdische Biomasse auf 1 cm Höhe geschnitten. Das geschnittene Material wurde als Mischprobe vermengt und bei 60°C getrocknet. Mittels Varianzanalyse wurden die Daten getrennt nach Jahren im gemischten Modell von SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) ausgewertet. Die Versuchsfaktoren System, Block, Intensität sowie die Wechselwirkung System \times Intensität gehen als fixe Effekte und die Wechselwirkung System \times Block als zufälliger Effekt in das Modell ein. Multiple Mittelwertvergleiche erfolgten durch den Tukey's Test. Zur genaueren Analyse und Verallgemeinerungsfähigkeit der Beziehungen zwischen Variablen insbesondere unter Berücksichtigung der Umweltfaktoren erfolgten Regressionsanalysen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Produktivität der Bestände zeigte große Unterschiede zwischen den Jahren. Im ersten Versuchsjahr (2005) lagen die Erträge der Kleinparzellen zwischen 107 und 124 g TM m^{-2} , im zweiten Jahr (2006) zwischen 88 und 144 g TM m^{-2} , im dritten Jahr (2007) zwischen 133 und 197 g TM m^{-2} , und im vierten Jahr (2008) zwischen 144 und 288 g TM m^{-2} . Seit 2005 gab es einen deutlichen Anstieg der Produktivität, der primär auf die Niederschlagsgegebenheiten zurückzuführen zu sein scheint (Bai et al. 2004). Die zunehmende Produktivität ist signifikant korreliert mit dem Jahresniederschlag (PPT): $\text{ANPP (g DM m}^{-2}) = 0,61\text{PPT} + 114$; $r^2 = 0,4$; $P < 0,001$. Abgesehen vom ersten Versuchsjahr ergaben sich in allen weiteren Versuchsjahren signifikante Effekte der Weideintensität auf die ANPP. Dabei wiesen die höchsten Intensitäten den geringsten und die unbeweideten Parzellen die höchste ANPP auf. Eine Regressionsanalyse über alle Jahre ergab eine signifikante lineare Abnahme der Produktivität mit zunehmender Weideintensität (X): $\text{ANPP (\%)} = -2,4X + 67,01$; $r^2 = 0,18$; $P < 0,01$. Bezüglich Arbeitshypothese (a) konnte keine weidebedingte Optimierung der ANPP dokumentiert werden. Allerdings zeigte die Auswertung der durchschnittlichen relativen Wachstumsraten (RGR) eine Zunahme mit intensivierter Beweidung (Abb. 2). Das lässt auf ein Kompensationswachstum schließen, dass jedoch nicht zu einer Erhöhung der Produktivität führte.

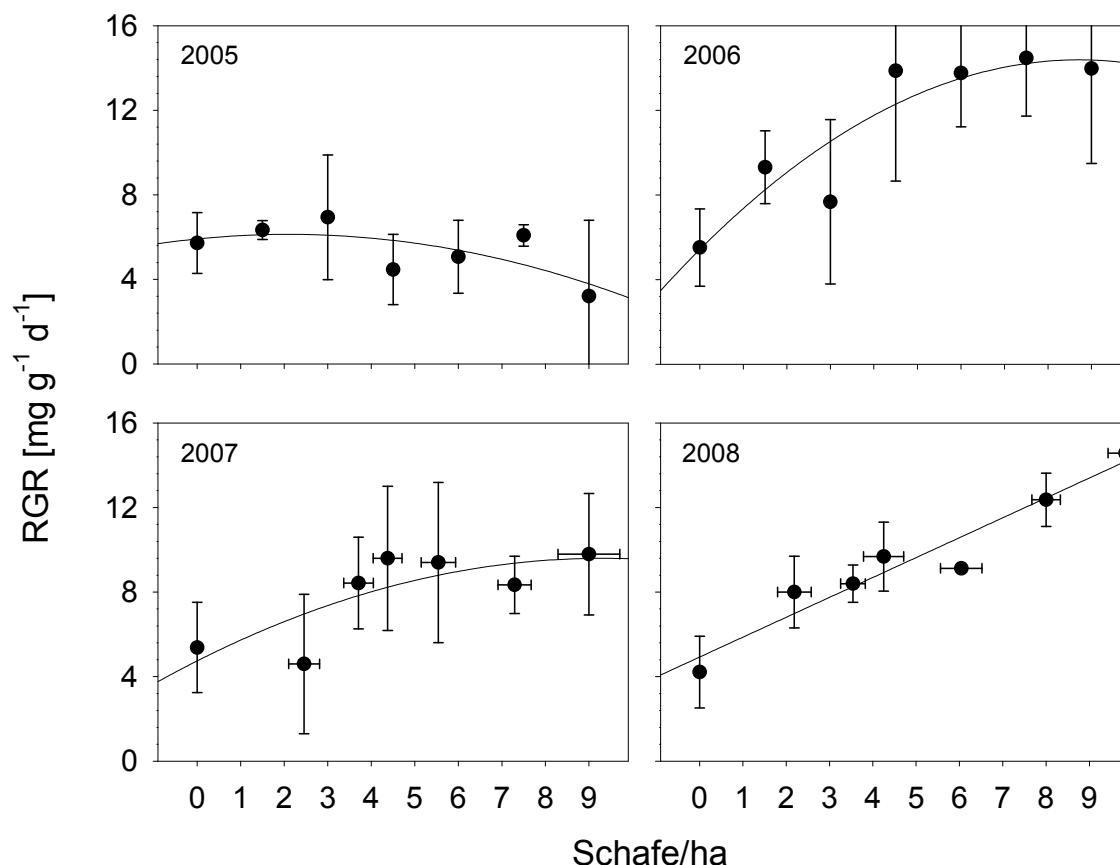


Abb. 1: Zusammenhang von Besatzdichte und relativer Wachstumsrate (RGR).

Die Wechselwirkung System×Intensität auf ANPP konnte erstmals in den Jahren 2007 ($P=0,58$) und 2008 ($P<0,05$) dokumentiert werden. Entsprechend Arbeitshypothese (b) zeigte sich das MS im Bereich moderater und hoher Intensitäten produktiver als das TS (Abb. 2). Weiterhin konnte der negative Effekt von zunehmender Weideintensität anhand der Parameter Streuauflage ($P<0,001$) und Bodenbedeckung ($P<0,001$) dokumentiert werden. So war die organische Streuauflage unbeweideter Parzellen im Jahr 2008 durchschnittlich 227 g DM m^{-2} und die der höchsten Weideintensitäten lediglich 36 g DM m^{-2} mächtig, was einer Abnahme von 84% entspricht. Der Anteil an unbedecktem Boden wurde durch die intensivisierte Beweidung von 8 auf 51% erhöht. Somit erhöht eine zunehmende Beweidung proportional das Erosionsrisiko. Systembedingte Unterschiede konnten ausschließlich auf den Weiden in Form signifikanter Wechselwirkungen System×Intensität identifiziert werden. Hier kam es im TS zu „hot spots“ auf den Weiden der höchsten Intensitätsklassen, mit Anteilen an unbedecktem Boden im Jahresmittel 2008 von 81%. Dagegen lag der Anteil an unbedecktem Boden im selben Zeitraum im MS bei lediglich 44%. Systembedingte Unterschiede auf die Lebendgewichtszunahmen (LWG) konnten nicht festgestellt werden. Allerdings wirkte sich die Beweidungsintensität signifikant auf die LWG Tier⁻¹ und Fläche⁻¹ aus. Die Regressionsanalyse ergab signifikante Korrelationen der Intensität (X) mit der LWG Tier⁻¹: $\text{LWG (\% ha}^{-1} \text{ und Tag)} = -0,002X^2 + 0,006X - 0,29$; $r^2 = 0,39$; $P<0,001$, und Fläche⁻¹: $\text{LWG (\% ha}^{-1} \text{ und Tag)} = -0,02X^2 + 0,42X - 0,15$; $r^2=0,61$; $P<0,001$. Demzufolge wurden die höchsten LWG Tier⁻¹ unter geringem und Fläche⁻¹ unter sehr starkem Weidedruck erzielt.

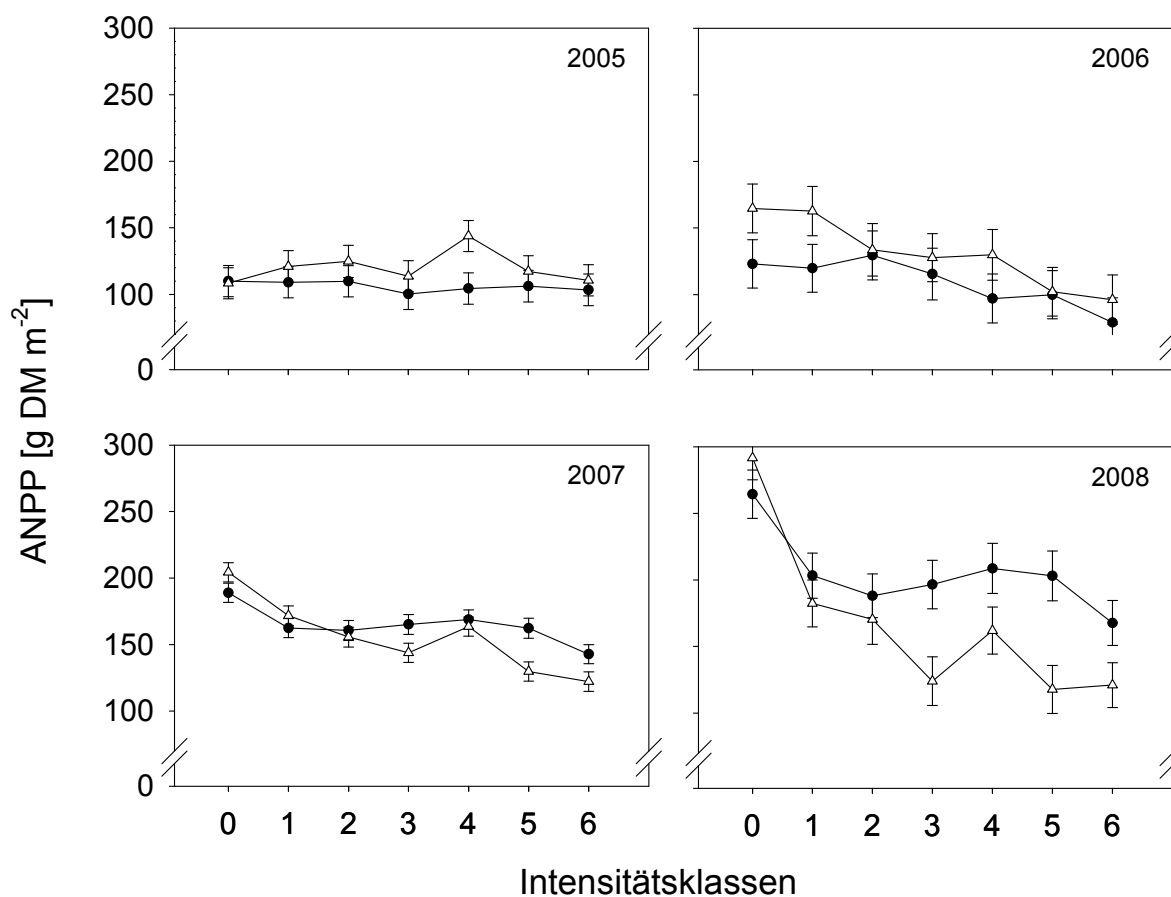


Abb. 2: Effekte von Weidesystem und Beweidungsintensität auf die Nettoprimärproduktion oberirdischer Biomasse (ANPP). Die Intensitätsklassen repräsentieren einen Beweidungsdruck von: 0=unbeweidet, 1=sehr gering, 2=gering, 3=gering-moderat, 4=moderat, 5=hoch, 6=sehr hoch.

Die mit fortschreitender Versuchsdauer gefundenen positiven Effekte auf die Produktivität lassen auf eine höhere Weidetoleranz der Bestände im MS schließen. Bereits im dritten Versuchsjahr ergab sich eine höhere Belastbarkeit der Weiden im MS, so dass die Anwendung bereits kurzfristig zur Schonung der natürlichen Steppenressourcen beitragen kann. Die infolge intensivierter Beweidung zunehmende RGR belegt ein Kompensationswachstum und eine generelle Weidetoleranz der Bestände. Allerdings ergab sich, entgegen der eingangs formulierten Hypothese (a), in keinem der Versuchsjahre eine Überkompensation in Form weidebedingter Steigerung der ANPP. Die Tatsache, dass unter sehr hohem Beweidungsdruck, trotz negativer Auswirkungen auf ANPP und andere vegetative Parameter, die maximalen LWG Fläche⁻¹ erzielt werden, erklärt die praxisüblichen hohen Weideintensitäten.

Literatur

- Bai, Y.; X. Han; J. Wu; Z. Chen und L. Li 2004: Ecosystem stability and compensatory effects in the Inner Mongolia grassland. *Nature* 431, 181-184.
- McNaughton, S.J. 1979: Grazing as an Optimization Process - Grass Ungulate Relationships in the Serengeti. *American Naturalist* 113, 691-703.
- Schönbach, P.; H. Wan; A. Schiborra, M. Gierus; Y. Bai; K. Müller; T. Glindemann; C. Wang; A. Susenbeth und F. Taube 2009: Short term management and stocking rate effects of sheep grazing on herbage quality and productivity of Inner Mongolia steppe. *Crop and Pasture Science* 60 (Im Druck).

Anbauwürdigkeit von normalblättrigen Wintererbsen als Druschfrucht in Rein- und Gemengesaat mit Winterroggen unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus

Peer Urbatzka

Einleitung

Der Anbau von Sommerkörnererbsen in Reinsaat ist im Ökologischen Landbau häufig aufgrund einer geringen Beikrautunterdrückung und daraus resultierender Druschprobleme sowie einer häufig mangelnden Wettbewerbsfähigkeit schwierig. Dabei sind Körnerleguminosen für den Ökologischen Landbau von essentieller Bedeutung, da sie maßgeblich zur N-Versorgung der Fruchtfolge und der Eiweißversorgung in der Tierhaltung beitragen. Daher wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens die Anbauwürdigkeit von Wintererbsen als Alternative zu Sommererbsen für den Ökologischen Landbau untersucht. Dabei wurde neben dem Prüfen der Winterhärte u.a. die Höhe des Kornertrags und verschiedener relevanter Stickstoffparameter (N_{\min} -N im Boden, N-Vorfruchtwirkung) sowie die Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu Sommererbsen bestimmt.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in den Vegetationsperioden 2003/04 bis 2006/07 auf dem Versuchsstandort der Universität Kassel, Hessische Staatsdomäne Frankenhäusen (DFH; Ut3, ca. 80 Bodenpunkte) und in den Vegetationsperioden 2005/06 bis 2006/07 auf dem Versuchsbetrieb der Fachhochschule Osnabrück Waldhof (WH; IS, ca. 35 Bodenpunkte) durchgeführt. Geprüft wurden sieben verschiedene Wintererbsengenotypen und eine Sommererbse (*Pisum sativum* L.). Bei den Wintererbsen handelte es sich um zwei buntblühende normalblättrige EU-Sorten (cvs. Assas aus F, EFB 33 aus D), um eine weißblühende semi-leafless EU-Sorte (2003/04 cv. Spirit bzw. in 2004/05 – 2006/07 cv. Cheyenne aus F) und um vier normalblättrige buntblühende Herkünfte aus der Genbank Gatersleben (cvs. Griechische (GR), Nischkes Riesengebirgs, Unrra, Württembergische), welche in einem vorlaufenden Screening aus 43 Akzessionen ausgewählt worden waren (Urbatzka et al. 2005). Als Sommererbse wurde die weißblühende semi-leafless Sorte Santana verwendet. Alle Erbsen wurden in Reinsaat und in zwei substitutiven Gemenge mit je 25 % (Gem1) bzw. 50 % (Gem2) der Aussaatstärke in Reinsaat (= 80 kf. Körner m^{-2}) mit Winterroggen (2003/04 cv. Amilo bzw. in 2004/05 – 2006/07 cv. Danko) bzw. Sommergetreide (2003/04 Hafer cv. Aragon bzw. in 2004/05 – 2006/07 Gerste cv. Ria) gesät.

Der Drusch wurde in DFH auf einer Fläche von 16,5 bis 22,5 m^2 und in WH auf 9 m^2 mit einem Parzellenmähdrescher von Hege durchgeführt. Auf dem Standort DFH wurde in den Wachstumsperioden 2003/04 bis 2005/06 nach der Strohabfuhr gepflügt und die Nachfrucht direkt im Anschluss gesät (Senf-Ölrettich-Gemenge cv. Dacapo – Litember (2004) bzw. Senf cv. Litember). Die Ernte der Nachfrucht wurde in der ersten Oktoberhälfte als Ganzpflanze auf einer Fläche von 7 m^2 in den Varianten Reinsaat und Gem2 durchgeführt. Die Stickstoffanalyse des Ernteguts wurde mit einem N-Analysator durchgeführt (Fa. elementar, makro-N). Zusätzlich wurden zu den Ernteterminen Bodenproben bis 90 cm Tiefe zur Bestimmung der Vorräte an N_{\min} -N gezogen.

Die Deckungsbeitragsrechnungen zum Korndrusch wurden für die Varianten EFB 33 und Griechischer im Gem2 (ertragsstärkste Varianten bzgl. Erbsenkorn-ertrag) sowie für die Sommererbse Santana und für den Roggen in Reinsaat als Brot- und Futtergetreide durchgeführt. Die Datengrundlage für die Berechnung der Deckungsbeiträge bildete die eigenen Ergebnisse sowie die Datensammlung des KTBL (2007). Dazu wurden die aktuellen Erzeuger- und Saatgutpreise für Winter- und Sommererbsen sowie für Futter- und Brotroggen im September 2008 bei Ökokorn Nord in Betzendorf und Bioland Markt GmbH in Augsburg erhoben. Ferner wurde bei den Berechnungen die Eiweißprämie in Höhe von 56 € ha⁻¹ für das Produktionsverfahren Sommererbse berücksichtigt.

Als Versuchsanlage wurde in 2003/04 ein Lateinisches Rechteck und in den anderen Wachstumsperioden eine Spalt-Streifen-Anlage gewählt (N = 4). Dabei wurden in der Mischanlage die Varianten mit Sommererbse in einem Streifen und die übrigen Varianten gemäß einer Spaltanlage randomisiert. Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.1.

Ergebnisse und Diskussion

Der Kornertrag, die N_{min}-N-Werte im Boden zum Korndrusch und zur Zwischenfruchternte sowie der Stickstoff-ertrag in der Zwischenfrucht differierten deutlich über die Erbsengenotypen und die Anbauformen (Reinsaat und Gemenge) in den einzelnen Umwelten. Dies zeigte sich auch in der Varianzanalyse über mehrere Jahre, bei der im F-Test immer mehrere oder alle Wechselwirkungen signifikant ausfielen.

Im Rahmen der Untersuchungen erwiesen sich die vier Herkünfte und die EFB 33 im Gegensatz zu Cheyenne und Assas auf beiden Standorten als winterhart (Daten nicht dargestellt). Gründe für die mangelnde Winterhärte der französischen Genotypen lagen in einer fehlenden photoperiodischen Sensibilität (Cheyenne) bzw. in einem verkehrten Wuchsverhalten vor Winter (Assas).

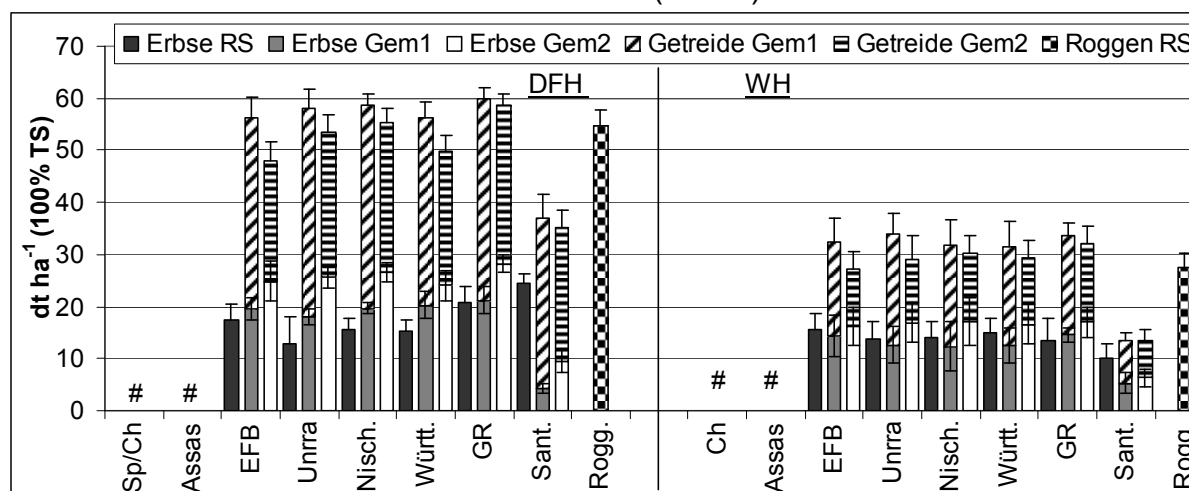


Abb. 1: Kornertrag (dt ha⁻¹) auf den Standorten DFH in 2003/04 – 2005/06 und WH in 2005/06 – 2006/07 in Abhängigkeit des Genotyps und der Anbauform; \bar{x} über 3 bzw. 2 Umwelten, N = 12 bzw. 8, ohne DFH 2006/07 aufgrund von Mäuseschädigung in den Erbsenreinsaat, # Auswinterungsschädigungen in mehreren Umwelten, Fehlerbalken = Standardabweichung

Aufgrund der hohen und frühzeitigen Lagerneigung der normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat war nur der Mischanbau für eine Nutzung als Druschfrucht geeignet (Daten nicht dargestellt). Dazu wurden bei den genannten winterharten Genotypen im Gem2 wegen besserer Wachstumsbedingungen höhere Erbsenkorn-

erträge als im Gem1 und in Reinsaat bestimmt (Abb. 1). Auf dem Standort DFH fielen die durchschnittlichen Erbsenkorerträge dieser Genotypen im Gem2 gegenüber der Sommererbse in Reinsaat vergleichbar und auf dem Standort WH höher aus. Durch den zusätzlichen Roggenertrag waren die Gesamterträge dieser Gemengevarianten deutlich höher als bei der Sommererbse und teils etwas höher bzw. teilweise auch etwas geringer als beim Roggen in Reinsaat.

Tab. 1: N_{\min} -N-Gehalte im Boden (kg ha^{-1}) in DFH in den Wachstumsperioden 2003/04 – 2005/06 in Abhängigkeit des Wuchstyps und der Anbauform; \bar{x} über 3 Umwelten und 1 bzw. 5 Genotypen, $N = 12$ (semi-leafless) bzw. 60 (normalblättrig)

Variante	Zeitpunkt	Korndrusch (kg ha^{-1})		ZF-Ernte (kg ha^{-1})	
		0 – 30 cm	30 – 90 cm	0 – 30 cm	30 – 90 cm
semi-leafless ¹ WE Reinsaat		15	7	13	5
semi-leafless ¹ WE Gem1		16	7	-	-
semi-leafless ¹ WE Gem2		12	5	15	9
normalbl. ² WE Reinsaat		44	25	13	7
normalbl. ² WE Gem1		13	6	-	-
normalbl. ² WE Gem2		16	7	12	6
Santana (SE) Reinsaat		12	22	12	8
Santana (SE) Gem1		12	5	-	-
Santana (SE) Gem2		12	6	12	5

ZF = Zwischenfrucht, WE = Wintererbse, SE = Sommererbse, - = nicht erhoben, ¹ Spirit bzw. Cheyenne je einjährig aufgrund von Auswinterungsschädigungen, ² EFB 33, Unrra, Nischkes, Württembergische, Griechische je dreijährig

Bei den normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat wurden zum Zeitpunkt des Korndrusches die höchsten N_{\min} -N-Mengen im Ober- und Unterboden vorgefunden, während sie nach den semi-leafless Erbsen mit Ausnahme der Sommererbse in Reinsaat im Unterboden und in allen Gemengevarianten deutlich geringer ausfielen (Tab. 1). Grund hierfür sind die höhere Stickstofffixierungsleistung (Daten nicht dargestellt), die wahrscheinlich analog zum oberirdischen Aufwuchs größere Wurzelmasse (vgl. Iwama und Yamaguchi 1996) und damit einhergehender größere Menge an Rhizodeposition sowie der vermutlich höhere Bestandesabfall der normalblättrigen Erbsen (Urbatzka et al. 2009). Darüber hinaus wurde durch den Gemengeanbau ohne zusätzliche Kosten (z.B. nachfolgender Zwischenfruchtanbau) das Risiko der Nitratauswaschung nach Körnerleguminosen minimiert.

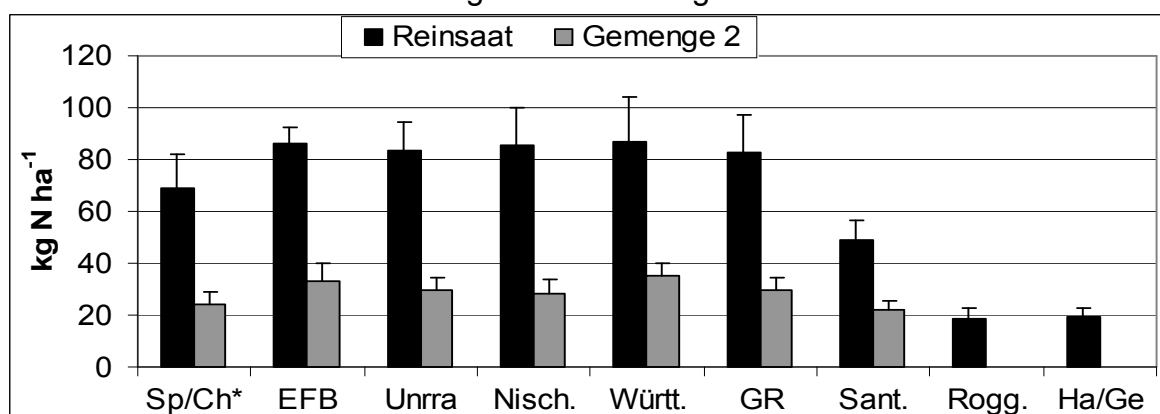


Abb. 2: Stickstoffertrag der nachfolgenden Zwischenfrucht in DFH in 2003/04 – 2005/06 in Abhängigkeit des Genotyps und der Anbauform; \bar{x} über 3 Umwelten, $N = 12$; * = Spirit bzw. Cheyenne je einjährig aufgrund von Auswinterungsschädigungen, Fehlerbalken = Standardabweichung

Zur Ernte der nachfolgenden Zwischenfrucht im Oktober waren die N_{\min} -N-Gehalte im Boden mit unter 25 kg ha^{-1} in 0 – 90 cm Tiefe in allen Varianten aus umweltrelevanter Sicht unbedenklich (Tab. 1). In Reinsaat nach normalblättrigen Wintererbsen wurde mit über 80 kg ha^{-1} ein höherer Stickstofftrag der Zwischenfrucht als nach semi-leafless Erbsen vorgefunden (Abb. 2). Nach Gemengeanbau lagen die Stickstoffträge mit $20 - 30 \text{ kg ha}^{-1}$ auf einem geringeren Niveau als nach Erbsenreinsaat. Aber auch hier wurden nach den normalblättrigen Wintererbsen höhere Stickstoffträge als nach semi-leafless Erbsen bestimmt. Dabei wurde die N-Vorfruchtwirkung insbesondere bei den normalblättrigen Wintererbsen aufgrund von höherer Mengen der entfernten oberirdischen Ernteresiduen als bei semi-leafless Erbsen (Daten nicht dargestellt) wahrscheinlich zu gering eingeschätzt.

Die höheren Gesamtkornerträge führten bei den Wintererbsen im Gem2 mit über 1.500 € ha^{-1} zu einer höheren Marktleistung als bei der Sommererbse in Reinsaat mit unter 1.000 € ha^{-1} (Tab. 2). Dadurch konnten die durchschnittlichen Deckungsbeiträge von knapp 400 € ha^{-1} bei der Sommererbse auf über 1.000 € ha^{-1} bei den normalblättrigen Wintererbsen im Gemengeanbau gesteigert werden. Auch gegenüber dem Produktionsverfahren Futterroggen war der Anbau dieses Gemenges lukrativer. Dagegen wurde bei einer Vermarktung des Roggens als Brotgetreide der höchste Deckungsbeitrag je ha^{-1} erzielt.

Tab. 2: Ergebnisse der Deckungsbeitragsrechnung (€ ha^{-1}) auf den Standorten DFH in 2003/04 – 2006/07 und WH in 2005/06 – 2006/07 in Abhängigkeit des Produktionsverfahrens; \bar{x} über 6 Umwelten, $N = 6$

	Gemenge2		Reinsaat		
	EFB 33	GR	Santana	Futterroggen	Brotroggen
Gesamtleistung ¹	1.558	1.893	949	1.360	1.965
Summe Direktkosten	324	360	298	320	326
Summe variable MK	228	231	257	202	202
Deckungsbeitrag	1.006	1.302	394	838	1.437

MK = Maschinenkosten, ¹ Marktleistung + Eiweißprämie bei Santana, alle anderen Marktleistung

Insgesamt belegen die Versuche die hohe Anbauwürdigkeit von normalblättrigen winterharten Wintererbsen im Gemenge mit Roggen. Damit stellen diese Gemenge eine Alternative zum Anbau von Sommerkörnererbsen in Reinsaat dar.

Danksagung

Dieses Projekt wurde mit Mitteln aus dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) finanziell unterstützt.

Literatur

Iwama, K. und J. Yamaguchi 1996: Difference in root system development among crop species and genotypes. In: Dynamics of roots and nitrogen in cropping-systems of the semi-arid tropics. Ito, O., Johansen, J.J., Adu_Gyamfi, K., Katayama, J.V.D.K., Kumar, Rao and Rego, T.J. (Ed.). Japan International Research Center for Agricultural Science, Japan, 173-184.

KTBL 2007: Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. KTBL-Verlag, Darmstadt.

Urbatzka P., R. Graß und C. Schüler 2005: Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für den Ökologischen Landbau am Beispiel von Wintererbsen. 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau „Ende der Nische“, Kassel, 01.03.2005 - 04.03.2005; Heß J. und Rahmann G., (Hrsg.), kassel university press GmbH, Kassel, 59-60 URL: <http://orgprints.org/3410/>.

Urbatzka, P., R. Graß, C. Schüler, J. Heß 2009: Fate of legume-derived nitrogen in monocultures and mixtures with cereals. Agric Ecosyst Environ 132, 116-125.

Studies on water-soluble carbohydrates in wheat: regulating traits, model analysis, early chilling effects and future perspectives

Ravi Valluru, Johanna Link & Wilhelm Claupein

Introduction

Many temperate plant species, including wheat (*Triticum* spp.), store a large portion of carbons in the form of water-soluble carbohydrates (WSCs), primarily consisting of a range of fructo-oligosaccharides (fructans), as well as sucrose and hexoses (Ruuska *et al.*, 2006). These reserves serve, in general, two important functions. First, stored resources may give plants a competitive advantage. Second, resources may bridge temporal gaps that exist between resource availability and resource demand (Kleijn *et al.*, 2005). In cereals, apart from assimilates transferred directly to the grain, remobilization of stored WSCs plays a crucial role in grain-filling (Schnyder, 1993). Further, fructans, the major carbohydrate portion of WSCs, act as osmolytes enhancing water retention (Kawakami *et al.*, 2008) and protect plants from drought and cold stress by stabilizing cellular membranes (Hincha *et al.*, 2007; Valluru *et al.*, 2008; Valluru & Van den Ende, 2008). Moreover, a model for fructans in scavenging reactive oxygen species has recently been proposed (Van den Ende & Valluru, 2009).

Stem WSCs are fairly influenced by both genotype and environmental factors (Ruuska *et al.*, 2006; Ehdaie *et al.*, 2008). A positive association between high WSCs and grain yield has been revealed, on an average, stored WSC pools contribute up to 74% and 57% of the grain yield of barley and wheat, respectively (Gallagher *et al.*, 1976), but an inconsistent relation does exist (Evans & Wardlaw, 1996; Ruuska *et al.*, 2006). This contribution becomes significant when crops are subjected to terminal drought stress (Foulkes *et al.*, 2002). Consistently, a recent study estimated that, on an average, stored WSC pools contribute up to 11.5% to the final individual grain weight in high WSC lines as against 8.2% in low WSC lines (Dreccer *et al.*, 2009). Indeed, breeding for high stem WSCs, due to its high heritability ($H = 0.9$, Ruuska *et al.*, 2006), happened to incorporate this desirable trait into the germplasm during the development of more drought-tolerant wheat varieties in Australia and UK (Foulkes *et al.*, 2002; van Herwaarden *et al.*, 2003).

Marker-aided selection (MAS) to improve WSCs in wheat has not been substantial so far; perhaps partly due to the small effects of multiple quantitative trait loci (QTLs) (Yang *et al.*, 2007; Huynh *et al.*, 2008; Rebetzke *et al.*, 2008). Interestingly, numerous candidate genes of the stress tolerance were collocated with QTLs regulating WSCs (Galiba *et al.*, 1997). This suggests that the selection for higher WSCs may serve dual strategic functions: improving grain yields as well as plant adaptation across a range of environmental stresses. Owing to the difficulty in using MAS, the selection for superior segregants can be accelerated through characterization of morpho-physiological traits. However, to date, traits regulating WSC accumulation are poorly characterized, and wheat lines are essentially required to be rapidly prescreened for resilience to a wide range of environmental stresses, particularly under different levels of N (Zhang *et al.*, 2009).

Considering these research questions, a PhD Thesis was designed to investigate (1) large-scale trait identification for WSC accumulation in wheat under different N levels,

(2) developing simulation model for water-soluble carbohydrate accumulation in wheat under three nitrogen levels, (3) early chilling effects on water-soluble carbohydrate accumulation in wheat after a prolonged recovery period, and (4) identifying future perspectives for water-soluble carbohydrates, in particular fructans.

Materials and methods

Several field and glasshouse experiments under three N levels (0, 100 and 200 kg ha⁻¹) were conducted to accomplish the first three objectives. For first objective, three experiments were carried out in field and glasshouse conditions over two years. Exp 1 (2007) was a preliminary glasshouse experiment using eight wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars; while Exp 2 & Exp 3 were carried out in field (2007-08). We fertilized all plots with ammonium nitrate at three levels, comprising of 0 (low), 100 (medium) and 200 (high) kg N ha⁻¹ as in three splits; 0, 30 and 60 kg N ha⁻¹ at the beginning of the vegetative stage (22 February 2008, Zadoks scale 21; Zadoks *et al.*, 1974); 0, 40 and 80 kg N ha⁻¹ at the start of stem elongation (28 April 2008, Zadoks 31); and 0, 30 and 60 kg N ha⁻¹ at the end of stem elongation (11 June 2008, Zadoks 39) at both locations. Observations were made at two stages, namely at anthesis stage (Zadoks scale 65), and 2 weeks after anthesis (Zadoks 69) on several morpho-physiological traits, growth analysis was performed and regression analysis, selection analysis and path analysis was implemented.

For second objective, similar experiments were used, together with climatic data, to develop simulation models for water-soluble carbohydrate accumulation in wheat under three N levels.

For third objective, two experiments using two primitive *Triticum* species, *T. monococcum* and *T. dicoccum* were cultivated under glasshouse conditions. Both species (seeds) were treated with low temperature (4 °C) for 42 days and grown under glasshouse conditions until flowering time. Observation at growth stage 12, four weeks before flowering and at flowering on several morpho-physiological traits were made. Growth analysis was performed. Water-soluble carbohydrates were measured using HPLC method. A combination of analysis, regression, and selection analysis were performed.

For fourth objective, two future perspectives were identified and published as opinion papers.

Results and discussion

This study investigated 35 morpho-physiological traits associated with the variation in stem WSCs accumulation in eight wheat genotypes, including two primitive species, under three nitrogen (N) levels. 28 traits were significantly, positively or negatively, correlated with the total WSCs in all N levels, and 22 of them were consistent across N levels. All traits were positively correlated with WSCs, except root/shoot ratio (RSR), stem nitrogen (SN) and leaf nitrogen (LN) and nitrogen per unit leaf area (NLA), which was negatively correlated with stem WSCs. This suggests that leaf N is an important selective force driving WSC accumulation; indeed, a unit increase in leaf N resulted in 28% decrease in total WSCs. N-specific direct selection revealed that developmental increase in vegetative biomass (VMASS), flag-leaf width (FLW), but decrease in root: shoot ratio (RSR) is adaptive and resulted in higher WSC accumulation in low N level. In contrast, decreased V_{MASS} and FL_W are adaptive and resulted in higher WSC accumulation in high N level. Further, a negative correlation between stem cellulose and hemicellulose and total WSCs was observed suggesting

that a reduced carbon flux to stem structural compounds may improve stem WSC accumulation.

Table 1. Standardized selection differentials and gradients of several morpho-physiological traits under three N levels across eight wheat genotypes.

Traits	Selection differential			Selection gradients		
	N ₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀
V _{MASS}	0.031 ***	-0.186 ***	-0.701 ***	0.079 (± 0.04)*	-0.069 (± 3.36)***	-0.089 (± 0.02)***
FL _W	0.020 ***	0.010 **	-0.006 **	0.156 (± 0.15)**	0.943 (± 2.63)	-0.545 (± 0.20)*
RS _R	-0.001 *	-0.002 *	0.002 **	-0.355 (± 0.42)**	-0.152 (± 2.74)	0.049 (± 0.33)
Chl _{LA}	0.915	0.191	0.913	0.277 (± 0.01)	0.246 (± 0.65)	-0.052 (± 0.02)
N _{LA}	-0.005 ***	-0.001 ***	-0.006 **	-0.916 (± 0.02)*	-0.330 (± 2.84)*	-0.998 (± 0.02)***
NAR	0.139	0.050	0.765	0.060 (± 0.01)	0.075 (± 2.96)	-0.298 (± 0.07)
RUE	0.646 ***	0.340 ***	0.535 ***	0.418 (± 0.01)**	0.220 (± 1.84)***	0.016 (± 0.03)**
Φ CO ₂	0.001	0.001	0.001	0.308 (± 0.01)	0.427 (± 3.10)	-0.033 (± 0.01)

We found a negative correlation between WSC concentration and grain number suggesting that the evolution of these two traits would be constrained each other. The results demonstrate that a specific suit of trait changes that evolved under N-specific selection can increase stem WSC accumulation but the adaptive value of these changes varies among traits and N levels Table 1).

A simple phenological model for carbon accumulation, in the form of water-soluble carbohydrates, during vegetative period in four wheat genotypes was developed. The proposed model predicted higher rate of WSC accumulation in the early stages of crop growth and lower rates in the later stages. Overall, the model predicted the rate of WSC accumulation with a RMSE of 6.58, suggesting that the proposed model simulated well. Nevertheless, the predicted rate of WSC accumulation was close to the observed data only in low and high N level, and more deviated in medium N level. The model predicted total WSCs well with the observed data, however, overestimated it at early stages and underestimated it at later stages, largely due to respective rate of WSC accumulation. Under different N levels, the total WSCs were 11%, and 17% higher than the observed WSCs in low and medium N levels, respectively. In high N level, however, the model predicted 12% lower total WSCs. Overall evaluation of the model with the predicted dataset indicated that the prediction errors for the rate of WSC accumulation were more, and RMSE were mostly obtained between 20-30% in all N levels. For total WSC accumulation, the prediction errors were less, and the RMSE was mostly less than 20% in all N levels (Fig. 1).

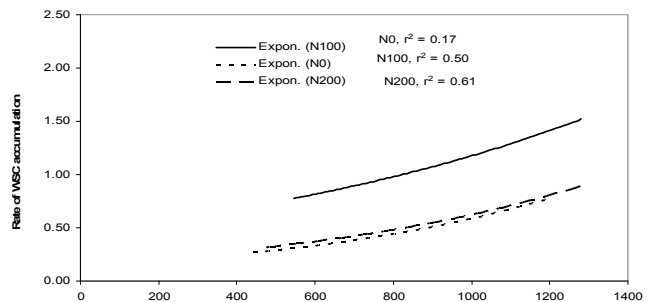


Figure 1. Rate of WSC accumulation in relation to GDD during vegetative period in three nitrogen levels across genotypes.

Early chilling stress resulted in a significant increase in leaf mass ratio (LMR) and relative growth rate (RGR), a reduction in flag leaf size, total biomass, specific leaf area (SLA), and reserve carbohydrate storage at flowering, together with an

advanced onset of flowering. Selection analysis within the early chilling environment favoured early flowering, smaller SLA, higher LMR, and lower reserve carbohydrates suggesting that the observed responses were adaptive. While lower SLA may reduce the early chilling stress effects at an individual leaf level, a higher LMR and utilization of reserve carbohydrates indicated that the compensatory growth of chilled plants during the recovery period relied on the concerted action of altered resource allocations and reserve carbohydrate consumption. With selection gradient analysis, we found similar direct selection

on these traits, except for SLA and sucrose indicating that these two traits have indirect effects on fitness. Thus, the total effects of SLA and reserve sucrose on relative fitness seem to be buffered via rapid growth rate in chilled plants. However, a significant cost of plasticity was evident only for flowering time, LMR and fructan levels under early chilling environment. Further, a regression of daily cumulative plant biomass derived from a crop growth simulation model (CERES-

Table 2. Results of selection analyses regressing an estimate of relative fitness in several phenology, allocations, growth indicators and reserve carbons in across two *Triticum* species in response to two early seedling temperature treatments.

Trait	CT		NCT	
	Selection differential	Selection gradient	Selection differential	Selection gradient
Flowering time	-0.27 ^b	-0.64 ^{ab}	-0.41 ^b	-0.66 ^{ab}
Flag leaf size	0.02	-0.01 ^b	0.15	0.10
Leaf number	-0.06	-0.51 ^{ab}	-0.11	-0.63 ^{ab}
Allocation to				
leaf	-0.49 ^b	-0.56 ^{ab}	0.02 ^b	0.21 ^{ab}
stem	0.01	0.32	0.03	0.04
root	-0.04	0.22	0.02	0.15
SLA	-0.37 ^b	-0.41	-0.41 ^c	-0.82 ^b
LMR	-0.36 ^{ab}	-0.71 ^{ab}	0.30	0.47
RGR	-0.64	0.91	0.41	0.68
Sucrose	-0.59 ^a	0.72 ^b	0.65	0.79
Fructan	-0.48 ^{ab}	-0.64 ^{ab}	0.84 ^{ab}	0.92 ^{ab}

Wheat) on crop growing period revealed a divergent developmental pathway for early chilled plants. Our results showed that not only are the characteristic architectures in two *Triticum* species plastic, but the regulating mechanism of intrinsic developmental (ontogenetic) pathway is also sensitive to early chilling stress (Table 2).

Fructans are fructose-based polymers associated with freezing tolerance. They may act directly via membrane stabilization or indirectly either by (i) stimulating alternate cryoprotectants or (ii) interfering with cold/drought signaling. Fructans and fructan biosynthetic enzymes (FBEs), in general, are believed to be present in the vacuole. This paper, in particular, draws attention to the exceptional presence of fructans and fructan exohydrolase (FEH) activities in the apoplast of cold-stressed plants. This observation raises questions on the origin of apoplastic fructans and suggests that fructans are transported to the apoplast by post-synthesis mechanisms, perhaps induced by cold. We propose a conceptual vesicle-mediated transport model for the movement of vacuolar fructans to the apoplast, where they could assist in stabilizing the plasma membrane.

References

- Dreccer MF, van Herwaarden AF, Chapman SC. 2009. Grain number and grain weight in wheat lines contrasting for stem water soluble carbohydrate concentration. *Field Crops Research* 112: 43-54.
- Ehdaie B, Alloush GA, Waines JG. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research* 106: 34-43.
- Evans LT, Wardlaw IF. 1996. Wheat. In: Zamski, E., Schaffer, A.A. (Eds.), *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops. Source-Sink Relationships*. Marcel Dekker, New York, pp. 501-518.
- Foulkes MJ, Scott RK, Sylvester-Bradley R. 2002. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield. *Journal of Agricultural Science* 138: 153-169.

- Galiba G, Kerepesi I, Snape JW, Sutka J. 1997. Location of a gene regulating cold-induced carbohydrate production on chromosome 5A of wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 95: 265–270.
- Gallagher JN, Biscoe PV, Hunter B. 1976. Effects of drought on grain growth. *Nature* 264: 541-542.
- Hincha DK, Rennecke P, Oliver AE. 2007. Protection of liposomes against fusion during drying by oligosaccharides is not predicted by the calorimetric glass transition temperatures of the dry sugars. *European Biophysics Journal* 37: 503-508.
- Huynh BL, Wallwork H, Stangoulis JCR, Graham RD, Willsmore KL, Olson S, Mather DE. 2008. Quantitative trait loci for grain fructan concentration in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical Applied Genetics* 117: 701–709.
- Kawakami A, Sato Y, Yoshida M. 2008. Genetic engineering of rice capable of synthesizing fructans and enhancing chilling tolerance. *Journal of Experimental Botany* 59: 803–814.
- Kleijn D, http://www3.interscience.wiley.com/journal/118647221/abstract_c1#c1 Treier UA, Müller-Schärer H. 2005. The importance of nitrogen and carbohydrate storage for plant growth of the alpine herb *Veratrum album*. *New Phytologist* 166: 565-575.
- Rebetzke GJ, van Herwaarden AF, Jenkins C, Weiss M, Lewis D, Ruuska S, Tabe L, Fettell NA, Richards RA. 2008. Quantitative trait loci for water-soluble carbohydrates and associations with agronomic traits in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 59: 891-905.
- Ruuska SA, Lewis DC, Kennedy GK, Furbank RT, Jenkins CLD, Tabe LM. 2008. Large scale transcriptome analysis of the effects of nitrogen nutrition on accumulation of stem carbohydrate reserves in reproductive stage wheat. *Plant Molecular Biology* 66: 15-32.
- Ruuska SA, Rebetzke GJ, van Herwaarden A, Richards AR, Fettell NA, Tabe L, Jenkins C. 2006. Genotypic variation in water-soluble carbohydrate accumulation in wheat. *Functional Plant Biology* 33: 799-809.
- Schnyder H. 1993. The role of carbohydrates storage and redistribution in the source-sink relations of wheat and barley during grain-filling – a review. *New Phytologist* 123: 233-245.
- Valluru R, Lammens W, Claupein W, Van den Ende W. 2008. Freezing tolerance by vesicle mediated fructan transport. *Trends in Plant Science* 13: 409-414.
- Valluru R, Link J, Claupein W. 2009. Consequences of early chilling stress in two primitive *Triticum* species. *Plant Biology* (revision submitted).
- Valluru R, Van den Ende W. 2008. Plant fructans in stress environments: emerging concepts and future prospects. *Journal of Experimental Botany* 59: 2905-2916.
- van Herwaarden AF, Richards R, Angus JF. 2003. Water soluble carbohydrates and yield in wheat. In proceedings of the 11th Australian agronomy conference. (The Australian Society of Agronomy: Geelong).
- Yang DL, Jing RL, Chang XP, Li W. 2007. Identification of quantitative trait loci and environmental interactions for accumulation and remobilization of water-soluble carbohydrates in wheat (*Triticum aestivum* L.) stems. *Genetics* 176: 571–584.
- Zhang J, Dell B, Conocono E, Waters I, Setter T, Appels R. 2009. Water deficits in wheat: fructan exohydrolase (1-FEH) mRNA expression and relationship to soluble carbohydrate concentrations in two varieties. *New Phytologist* 181: 843–850.

Autorenverzeichnis

Abele, A.	121, 159, 161, 163
Adam, M.	23
Almohamad, W.	193
Amon, T.	203
Amthauer Gallardo, D.	21
Bachmann, S.	197, 207
Baumecker, M.	87, 181, 195
Bischoff, J.	125, 171
Biskupek-Korell, B.	239, 243
Bodner, G.	101
Boritzki, A.	119
Börner, A.	89, 229
Böttcher, M.	233
Böttcher, U.	19, 95, 111
Brandstetter, A.	75
Brathuhn, A.	89
Brock, C.	27
Büchner, M.	179
Bühle, L.	71
Chen, Q.	191
Chmielewski, F.-M.	97
Christen, O. 33, 35, 119, 125, 129, 153, 171, 179, 183, 219, 221, 223, 231, 233, 235	
Claupein, W. 61, 67, 91, 99, 109, 117, 121, 127, 131, 149, 151, 159, 161, 163, 165, 167, 191, 211, 213, 217, 225, 227, 267	
Cramer, F.	7
Damm, S.	171
Deimer, C.	153
Diepenbrock, W.	103, 105, 247
Dittert, K.	1
Dittmann, L.	193
Diwold, G.	63
Dobiaschowski, L.	245
Ebertseder, T.	85
Eichler-Löbermann, B.	197, 207
Eigner, H.	215
Eißner, H.	77, 93
Ellmer, F.	79, 87, 181, 195
Elste, B.	221
Emeis, N.	129
Endler, E.	157
Engelmann, K.	29, 115
Engert, N.	59
Erbs, M.	53
Eschenröder, A.	103, 105
Ewert, F.	23
Feike, T.	99, 191
Fiedler, K.	237
Fischer, H.	239
Fistarol Lyson, D.	203
Flechner, E.	79
Förster, K.	233, 247
Frick, K.	225, 227
Fricke, T.	49, 51, 65
Fuchs, J.	41
Gansberger, M.	75
Gaudchau, M.	69
Gauder, M.	67, 149, 217
Gerhards, R.	249
Gericke, D.	1, 73
Gierus, M.	137, 139, 141, 259
Gimplinger, D.M.	187, 203
Goeritz, M.	47
Graeff, S. 61, 67, 99, 109, 121, 131, 149, 159, 161, 163, 165, 167, 191, 217	
Greef, J.-M.	43
Gröblichhoff, F.-F.	37
Gruber, H.	35, 123
Gruber, S. 91, 117, 211, 213, 225, 227	
Gutjahr, C.	249
Hartl, W.	185
Helbig, S.	31
Henning, A.	93
Hermann, W. .121, 127, 159, 161, 163	
Herrmann, A.	1, 141, 209
Heyer, W.	33, 35, 153
Himstedt, M.	49, 135
Hinck, S.	129
Hochbichler, E.	63
Hoffmann, C.	55
Hofmann, B. 119, 125, 171, 183, 219, 221, 223, 233, 235	
Hofmann, M.	21
Honermeier, B. 59, 69, 145, 147, 205, 241	
Hübner, W.	79
Hülsbergen, K.-J.	29, 31, 39, 115

Humer, J.	143	Mohammadi, A.	89
Ijaz, M.	241	Mueller, K.	129
Iqbal, M.A.	101	Müller, J.	103, 105
Jacob, I.	223	Müller, K.	111, 255, 259
Juister, J.	113	Munz, S.	99
Jung, R.	173	Muskolus, A.	175
Juroszek, P.	169	Nagel, M.	89, 229
Kage, H. 1, 19, 73, 95, 107, 111, 177, 209		Neuner, E.	185
Kappel, M.	115	Nozinski, E.	53
Kaul, H.-P.	101, 187, 203	Oltmanns, M.	245
Kfenti, J.	61	Ordon, F.	13
Klamroth, A.-K.	189	Pacholski, A.	1, 73, 107, 177
Kluge-Severin, S.	55	Pahlmann, I.	111
Knappenberger, T.	131	Perbandt, D.	51
Knapwost, C.	239	Pfeiffer, G.	243
Knörzer, H.	109	Pfenning, J.	191
Koch, H.-J.	175	Piecha, S.	25
Köppen, D.	193	Piepho, H.-P.	249
Krawutschke, M.	137, 139	Pohlan, J.	93
Kren, J.	155	Quakernack, R.	107
Krieger, J.	195	Rabe, S.	235
Krutzke, M.	159	Ratjen, A.	19
Kücke, M.	43	Rauber, R.	113, 173, 199, 201
Kunze, T.	97	Rauch, M.	179
Lee, Y.	165	Raupp, J.	245
Leithold, G.	27	Reents, H.J.	115
Leonhardt, C.	75	Refenner, K.	83
Leonhartsberger, C.	203	Rehman Arif, M.A.	89
Liebard, P. 63, 75, 83, 143, 185, 215		Reineke, H.	41
Limbrunner, B.	81	Reinhardt, R.	43
Lin, L.	259	Reinicke, F.	33
Link, J.	131, 267	Richter, F.	65
Link, W.	199	Rinnofner, T.	203
Liu, H.	107	Ritter, J.	167
Loges, R.	45, 47, 133	Röhrig, M.	11, 157
Lohwasser, U.	89	Rosenauer, E.	25
Lösche, M.	141	Roth, F.	199
Lou, J.	243	Rücknagel, J.	125, 179, 231
Lütke Entrup, N.	37	Saele, V.	161
Mahmood, A.	205	Salama, H.	141
Maidl, F.-X.	57, 81	Sander, R.	11
Maier, S.	213	Schally, H.	75
Mainer, V.	85	Schenk, R.	97
Manderscheid, R.	53	Scherer, H.-W.	43
Mayus, M.	151	Schiemenz, K.	197
Mehrtens, H.	209	Schmeer, M.	45, 133
Menke, C.	201	Schmid, H.	85
Merbach, W.	189	Schmidt, L.	77
		Schmitt, A.-K.	219

Schneider, C.	239	Uptmoor, R.	237
Schneider, M.	37	Urbatzka, P.	263
Schönbach, P.	259	Valluru, R.	267
Schrabauer, J.	143	Valtyniova, S.	155
Schüler, C.	231	Vogel, H.	181, 195
Schweinberger, J.	63	von Tiedemann, A.	169
Schwemmlin, L.	163	Wachendorf, M. 21, 49, 51, 65, 71, 135	
Senbayram, M.	1, 45	Wagentristl, H.	83, 187
Siebert, C.	21	Wan, H.	259
Siebert, L.	233, 235	Wang, L.	117
Siebold, M.	169	Wartenberg, S.	239
Siebrecht, N.	39	Weber, A.	225, 227
Sieling, K.	1, 209	Weigel, H.-J.	53
Stemann, G.	37	Weiher, N.	137, 139
Stockfisch, N.	41	Weinhappel, M.	75
Stockinger, I.	215	Wichmann, S.	187
Stockmann, F.	61, 165, 167	Wienforth, B.	1, 209
Strenner, M.	57	Winter, I.	183
Stülpnagel, R.	71	Wünsch, K.	211, 213
Stützel, H.	237	Zacharias, A.	237
Sung, Y.-H.	145	Zahariev, D.	65
Susenbeth, A.	259	Zeithofer, C.	63, 83
Svoboda, N.	1, 209	Zhu, C.	107
Taube, F. 1, 45, 47, 133, 137, 139, 141, 209, 259		Zhu, J.	107
Thaysen, J.	139	Zimmermann, Z.	121
Tischer, S.	119, 219	Zipperer, S.	151
Ullah, H.	147		