

**Mitteilungen der  
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften  
Band 18**

„Nachwachsende Rohstoffe im Pflanzenbau“

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher Verantwortung der jeweiligen Autoren
---

**Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.**

Präsident: Prof. Dr. F. Taube  
Geschäftsführerin: PD Dr. A. Herrmann

Geschäftsstelle:  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung  
Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau  
Hermann-Rodewald-Straße 9  
24118 Kiel  
Straßenanschrift: Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel  
Tel.: ++49(0)431/880-7420, Fax.: ++49(0)431/880-4568  
e-mail: ajaekel@email.uni-kiel.de

**49. Jahrestagung  
vom 19. bis 21. September 2006  
in Rostock**

Nachwachsende Rohstoffe im Pflanzenbau

**Kurzfassungen der Vorträge und Poster**

Herausgeber  
A. Herrmann, F. Taube  
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

**Verlag Schmidt & Klaunig KG  
Kiel 2006**

*Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek*

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

ISBN 3-935380-16-X  
ISSN 0934-5116

Alle Rechte vorbehalten

Druck und Bindung: Schmidt & Klaunig KG Druckerei Verlag, Ringstraße 19,  
Postfach 3925, 24038 Kiel, Tel.: 0431 660640

## Inhalt

### Plenarvorträge

W. FRIEDT: Ressource Pflanze: Vom Genom zum nachwachsenden Rohstoff (abstract).....	1
*J.-A. VERREET; O. CHRISTEN: Angepasste Anbausysteme für nachwachsende Rohstoffe: Fruchtfolge und Pflanzenschutz.....	
M. KALTSCHMITT: Biomassepotentiale und deren Nutzungsmöglichkeiten.....	2

### Posterbeiträge

#### Posterführung 1

WICHMANN, S.; LEMMENS, M.; KAUL, H.-P.: Der Befall von Winterweizen mit <i>Fusarium</i> spp. in Abhängigkeit von verschiedenen Bewirtschaftungsmaß- nahmen .....	8
BODNER G.; LOISKANDL, W.; KAUL, H.-P.: Pfadanalytische Untersuchung von Zwischenfruchteinflüssen auf den Bodenwasserhaushalt .....	10
HILLEBRAND, H.; MILLER, H.; DIECKMANN, J.; KOCH, H.-J.: Einfluss differenzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag und Deckungsbeitrag von Zuckerrübe und Win- terweizen .....	12
KRAUSE, U.; KOCH, H.-J.; SCHLINKER, G.; SANDER, G.: Wirkung des Anbaus von Zuckerrüben in Dämmen auf Pflanzenwachstum und Bodenstruktur unter norddeutschen Bedingungen .....	14
REINEKE, H.; FUCHS, J.; STOCKFISCH, N.: Einfluss der Fruchtfolge auf die Gestal- tung des Anbaus von Zuckerrüben.....	16
HEUER, H.; TOMANOVÁ, O.; KOCH, H.-J.: Einfluss wiederholter Befahrung mit schweren landwirtschaftlichen Maschinen auf Bodenstruktur und Zucker- rübenwachstum bei langjährig differenzierter Bodenbearbeitung.....	18
GRUBER, S.; CLAUPEIN, W.: Tiefenlage und Überdauerung von Rapsamen ( <i>Brassica napus</i> L.) .....	20
HONARNEJAD, R.; INANLU, F.; PASBAN-ISLAM, B.; SAMIZADEH, H.: Analyse der Be- ziehungen zwischen dem Ölertrag und den Ertragskomponenten beim Raps ( <i>Brassica napus</i> L.) .....	22

#### Posterführung 2

DIETZE, M.; BOCKHOLT, R.; DITTMANN, L. Beurteilung des Systems der "halboffenen Weidelandschaft" aus landwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Sicht.....	24
DITTMANN, L.; BOCKHOLT, R.: Vergleich der botanischen Vielfalt nach 10-jähriger Offenhaltung und teilweiser Beweidung im Güstrow-Bockhorst .....	26
DIETZE, M.; DITTMANN, L.; BOCKHOLT, R.: Die Dynamik der Futtermittelvorräte im System der "halboffenen Weidelandschaft" unter Berücksichtigung der dominanten Pflanzenarten und der selektiven Beweidung .....	28
*KÄDING, H.; PETRICH, G.: Schwankungen der jährlichen Grünlanderträge .....	

BOCKHOLT, R.; KAPPES, K.; KÖNKER, H.: Nährstoffaustrag über Entwässerungssysteme im Vergleich von Rollrasenproduktion auf lehmigem Sand und extensiver Weidenutzung auf Niedermoorgrünland .....	30
CZYŻ, H.; KITCZAK, T.; TRZASKOŚ, M.; BURY, M.: Nutzung der Pflanzengesellschaften des Grünlandes als Quelle der erneuerbaren Energie .....	32
GIERUS, M.; EICKLER, B.; TAUBE, F.: Veränderung der Polyphenoloxidase-Aktivität in Rotklee in Abhängigkeit der Bewirtschaftung .....	34
KRUSE, S.; HERRMANN, A.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Das Potential der Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie zur Schätzung der Gasbildungskinetik von Silomais ...	36
KRUSE, S.; HERRMANN, A.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Eine Simulationsstudie zum Einfluss der Witterung auf den Ertrag und die Qualität von Silomais.....	38
MÜLLER, J.; BOCKHOLT, R.; BRUHN, D.: Untersuchungen zum Einfluss einer N-Kopfdüngung auf die Schädigung des Blattapparates sowie auf Ertragsmerkmale von <i>Zea mays</i> .....	40
WESTPHAL, D.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Optimierung des Klee grasmanagements unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeit einer ganzjährigen Außenhaltung von Wiederkäuern auf Ackerschlägen (Winterweide).....	42

### Posterführung 3

BECKER, N.; ULRICH, S.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Wirkung der Saatzeit auf Durchwurzelungsverhalten und Pflanzenentwicklung bei verschiedenen Winterraps genotypen ( <i>Brassica napus</i> L.) .....	44
GEIER, J.; BISCHOFF, J.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Wirkung von Bodenbearbeitung und Saatverfahren auf Durchwurzelung und Pflanzenentwicklung bei Winterraps ( <i>Brassica napus</i> L.) .....	46
HEINICHEN, K., ULRICH, S.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Zur bodendichteabhängigen Wurzelpenetration von verschiedenen Winterraps genotypen ( <i>B. napus</i> L.).....	48
PA-IN, NATHINEE; LIEDGENS, M.; STAMP, P.; HUND, A.: Root morphology of maize genotypes, <i>Zea mays</i> (L.), differing in drought tolerance .....	50
PETER, R.; STAMP, P.; LIEDGENS, M.: Wurzeleigenschaften Schweizer Maislandsorten und deren Jugendentwicklung unter kühlen Bedingungen .....	52
WIENFORTH, B.; KOHL, M.; KAGE, H.: Untersuchungen zum Wachstum und zur Entwicklung von jungen Wurzeln der Sommergerste ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) .....	54
PACHOLSKI, A.; MANDERSCHIED, R.; WEIGEL, H.-J.: Einfluss erhöhter CO <sub>2</sub> -Konzentrationen (FACE) auf das Wurzelwachstum von Zuckerrübe und Winterweizen .....	56
KLUGE, S.; HOFFMANN, C.: Ertragsbildung bei Zuckerrüben - Beziehung zwischen Blattbildung und Kambiumringbildung .....	58
BINDER, J.; GRAEFF, S.; CLAUPEÍN, W.; LING, M.; DAI, M.; WANG, P.: Optimierung der Bewässerung für ein Winterweizen-Körnermais-Double-Cropping System in der Nordchinesischen Tiefebene.....	60
HERNDL, M.; WHITE, J.; GRAEFF S.; CLAUPEIN, W.: Charakterisierung verschiedener Weizensorten hinsichtlich ihrer Sensitivität auf Photoperiode und Vernalisation zur Validierung eines "Gen-Basierenden" Modellierungsansatzes .....	62

## Posterführung 4

HAGEN, D.; SIEBERT, L.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Keimverhalten ausgewählter Flughafervarietäten ( <i>Avena fatua</i> L.) in Abhängigkeit von Herkunft und Lagerungsdauer .....	64
HAGEN, D.; SIEBERT, L.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Verbreitung von Flughafervarietäten ( <i>Avena fatua</i> L.) in den neuen Bundesländern .....	66
NIEDERSTRABER, J.; STRUCK, C.; GEROWITT, B.: Untersuchungen zur vegetativen Etablierung von <i>Cirsium arvense</i> L. unter Ackerbaubedingungen.....	68
SADOWSKI, T.; SZYCA, S.; ADAMIAK, J.: Weed infestation of two varieties of spring wheat grown on conventional and organic farms .....	70
BILAU, A.; BÖHM, H.; GEROWITT, B.: Unkrautunterdrückende Wirkung von Mischfruchtbeständen mit Blauer Süßlupine ( <i>L. angustifolius</i> ) im Ökologischen Landbau .....	72
BARESEL, J.; REENTS, H.-J.: Potential einjähriger Leguminosenarten als Bodenbedecker in Lebendmulchsystemen in Deutschland .....	74
SASSE, A.; ELLMER, F.: Bodenökologische Wirkungen des Einsatzes von Humanurin als Düngestoff .....	76
BROCK, C.; LEITHOLD, G.: Faktoren der Humusreproduktion und ihre Umsetzung in Humusbilanzmethoden im Hinblick auf die Bewertung ökologischer Bewirtschaftungssysteme.....	78
OLTMANN, M.; RAUPP, J.: Ackerbohenschrot im Vergleich zu Rottemist: Effekte auf Ertrag und Qualitätsparameter von Kartoffeln .....	80
STOCKMANN, F.; WEBER, A.; GRAEFF S.; CLAUPEIN, W.: Vergleich verschiedener Weizen-, Dinkel- und Roggensorten aus konventionellem und ökologischem Anbau hinsichtlich ihres Acrylamid-Bildungspotenzials und ihrer Qualität.....	82

## Symposien

### Symposium 1: Industriepflanzen – Anbau und Verwertung -

HÜHNS, M.; NEUMANN, K.; STEPHAN, D. P.; ZIEGLER, K.; LOCKAU, W.; PISTORIUS, E.; BROER, I.: Bioplastik in transgenen Pflanzen: Cyanophycin als geeignete Quelle für Polyaspartat.....	84
STOLZENBURG, K.: Qualitätsanforderungen und -beeinflussung des Rohstoffes Topinambur ( <i>Helianthus tuberosus</i> L.) im Hinblick auf die Inulin- und Fructosegewinnung .....	86
BÖHMER, J.; PUDE, R.: Eignung von Topinambur-Stängelmaterial zur Herstellung von Leichtbeton-Baustoffen.....	88
MÄRLÄNDER, B.: Beta-Rüben - Ein nachwachsender Rohstoff für Ernährung, Industrie und Energie .....	90
FINK, W.; KUSCH, P.: Thermische Extraktion. Untersuchung zur Reproduzierbarkeit der TE-GC mit Thymianpulver .....	92
KUHN, K.; FÖRSTER, K.; DIEPENBROCK, W.: Einfluss des Erntetermins auf die antifungale Aktivität von Holunderextrakten .....	94
HÜBNER, W.; BUTTCHEREIT, K.: Phosphat aus Tierknochen - ein nachwachsender Rohstoff.....	96

## IV

DE MOL, F.; GEROWITT, B.: Agrar-ökologische Bewertung von Anbausystemen mit Raps-Fruchtfolgen .....	98
ADAMIAK, J.; ADAMIAK, E.: The response of winter rape to cultivation in multiyear monoculture.....	100
WAGNER, D.; SCHEFFER, K.; WACHENDORF, M.: Ein neues Raps-Nutzungskonzept zur Minimierung der Nitratauswaschung .....	102
TRESELER, C.-H.; PUDE, R.: Anbau von Switchgrass ( <i>Panicum virgatum</i> L.) – Standortvergleich und Biomassequalität .....	104
PEETLA, P.; HONG, D.; SCHENZEL, K. C.; DIEPENBROCK, W.: Determination of mechanical strength properties of hempfibres using NIR FT Raman Microspectroscopy.....	106
GRIMM, E.; NAUMENKO, V.; RENNEBAUM, H.; DIEPENBROCK, W.: Veränderungen von Fasereigenschaften von Hanf ( <i>Cannabis sativa</i> L.) in der landwirtschaftlichen Prozesskette.....	108

### **Symposium 2: Energiepflanzen – Anbau und Verwertung**

BOEHMEL, B.; TONN, B.; CLAUPEIN, W.: Bioenergiekonzept für landwirtschaftliche Betriebe – Planungsgrundlage und Entwicklung von Szenarien zur Biomasseproduktion und Energiebereitstellung über eine Biogasanlage am Beispiel des Unteren und Oberen Lindenhofs .....	110
SCHUMANN, H.: Mais oder Sonnenblume als Energieträger für die Biogasproduktion? Analyse der Ertragsbildung an einem rheinischen Standort .....	112
GAUDCHAU, M.; LUTHHARDT-BEHLE, T., BECKER, T.; HONERMEIER, B.: Feld- und Laborversuche zur Charakterisierung verschiedener Maissorten und -stämme für die Methangewinnung .....	114
MÜLLER-SÄMANN, K.; HOELSCHER, T.; BOCKSTALLER, C.; MAIER, J.; VETTER, R.: Mais nachhaltig bestellen: Konzeption und vertiefte Auswertung von Anbausystemen .....	116
DIETZE, M.: Entwicklung und Optimierung standortangepasster Anbausysteme für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime - Mischanbau .....	118
REULEIN, J.; WACHENDORF, M.; SCHEFFER, K.: Aufbereitung von Nachwachsenden Rohstoffen zur energetischen Nutzung mittels mechanischer Entwässerung .....	120
VETTER, A.; CONRAD, M.: Ertrag und Qualität von Energiepflanzen für die Biogasproduktion.....	122
FARACK, M.; GRUNERT, M.; VETTER, A.: Pflanzenbauliche Aspekte der Ethanolgetreideproduktion.....	124
STOLZENBURG, K.: Topinambur ( <i>Helianthus tuberosus</i> L.) als energieliefernde Pflanze im Bereich Biogas und Bioethanol.....	126
FREYDANK, S.; RATHKE, G.-W.; HOFFMANN-BAHNSEN, R.; DIEPENBROCK, W.: Leistungsvergleich annueller und perennierender Vegetationstypen im Mitteldeutschen Trockengebiet .....	128
BOEHMEL C., LEWANDOWSKI, I., CLAUPEIN, W.: Biomasse- und Energiepotentiale von Produktionssystemen für ein- und mehrjährige Energiepflanzen.....	130
DEIKE, S.; PALLUTT, B.; CHRISTEN, O.: Bedeutung des chemischen Pflanzenschutzes beim Anbau von Pflanzen zur Energienutzung .....	132

Bury, M.; Czyż, H.; KITCZAK, T., Nutzung der Biomasse für Energiegewinnung aus dem Szczeciner Raum .....	134
GRUBER, S.; CLAUPEIN, W.: Anbau und Nutzungspotentiale für Jatropha.....	136

### **Ernst-Klapp-Zukunftspreis**

KRUSE, S.: Charakterisierung von Silomaisgenotypen anhand futterwertbestimmender Parameter und deren Modellierung .....	138
PACYNA, S.: Mögliche Ursachen für die Beeinträchtigung der N <sub>2</sub> -Fixierung von Leguminosen bei S-Mangel.....	142
HÄBERLE, A.: Der ökologische Pflanzenbau und der gesetzliche Wasserschutz in Baden-Württemberg .....	146
KLIMEK, S.: Contrasting response of plant biodiversity of different grassland management regimes to local and landscape factors: Potential implications for management and conservation .....	150
RÜCKNAGEL, J.: Entwicklung eines Modells zur Analyse und Bewertung der Schadverdichtungsgefährdung von Ackerstandorten .....	154
DORNBUSCH, T.: Anwendung eines 3D Architekturmodells zur Charakterisierung von Bestandeseigenschaften der Sommergerste ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) .....	158

### **Posterbeiträge**

#### **Posterführung 5**

HENKE, J.; BÖTTCHER, U.; SIELING, K.; KAGE, H.: Ansätze zur Modellierung der N-Dynamik nach Winterraps bei variierender Folgefrucht und Bodenbearbeitung..	162
MÜLLER, J.; BEHRENS, T.; DIEPENBROCK, W.: Modellgestützte Bestimmung von Organflächenindizes aus dem Bestandesflächenindex bei Raps .....	164
KOHL, M.; WIENFORTH, B.; KAGE, H.: Modellierung von Architektur und Nährstoffaufnahme von Wurzelsystemen am Beispiel von Sommergerste.....	166
LINK, J.; GRAEFF, S.; BATCHELOR, W.; CLAUPEIN, W.: Kreuzvalidierung - Eine Methode zur Vermeidung der Überkalibrierung von Pflanzenwachstumsmodellen? .....	168
GRÖLL, K.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Kalibrierung einer Nahsensorikmethode zur Erkennung von Pflanzenkrankheiten unter kontrollierten Bedingungen .....	170
BÖTTCHER, U.; KAGE, H.: Ursachen für teilflächenspezifische Ertragsvariabilität .....	172
GRAEFF, S.; SCHÄFER, J.; LINK, J.; CLAUPEIN, W.: Sensorgestützte Erfassung der räumlichen Variabilität des Proteingehaltes in Winterweizen während der Vegetationsperiode .....	174
HINCK, S.; MÜLLER, K.; EMEIS, N.; CHRISTEN, O.: Vergleichende Messungen zwischen dem Bodensensorsystem der Fachhochschule Osnabrück und dem YARA N-Sensor®.....	176
BIEWER, S.; ERASMI, S.; FRICKE, T.; KAPPAS, M.; WACHENDORF, M.: Bestimmung des Trockenmasseertrags von Leguminosen/Gras-Gemengen durch Feldspektroskopische Messungen .....	178
FRICKE, T.; HIMSTEDT, M.; BIEWER, S.; WACHENDORF, M.: Abschätzung der Biomasse in Futterbaubeständen mit Hilfe der Ultraschallsensorik.....	180



HIMSTEDT, M.; FRICKE, T.; WACHENDORF, M.: Entwicklung einer bildanalytischen Methode zur Abschätzung des Leguminosenanteils in Futterbaugemengen .....	182
--	-----

### Posterführung 6

GRÖBE, L.; RATHKE, G.-W.; WIESER, P.; DIEPENBROCK, W.: Bitterstoffgehalte des Hopfens im Anbauggebiet Elbe-Saale, anhand der Hochalphasorte Hallertauer Magnum .....	184
BLAGOVIC, D.; YAN, F.; HONERMEIER, B.: Wirkung von Saatzeitverzögerung, Bestandesdichte und Sorte auf den Fruchtertrag sowie auf den Gehalt und die Zusammensetzung des ätherischen Öls von Anis ( <i>Pimpinella anisum</i> L.) ....	186
BLUM, H.; FAUSTEN, G.; NEGA, E.; JAHN, M.; GÄRBER, U.; AEDTNER, I.: Optimierung der Saatgutqualität im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau durch physikalische Saatgutbehandlungsmethoden .....	188
GHASEMNEZHAD, A.; HONERMEIER, B.: Seed yield and $\gamma$ -linolenic acid content of evening primrose ( <i>Oenothera biennis</i> L.) dependent on nitrogen nutrition and harvest time.....	190
MATTHES, C.; YAN, F.; ALI, S.; HONERMEIER, B.: Morphologische und tageszeitliche Einflüsse auf den Gehalt an Polyphenolen in den Blattdrogen der Artischocke ( <i>Cynara cardunculus</i> ) .....	192
SCHENK, R.; GOLM, S.; PINKER, I.; FRANKE, R.: Möglichkeiten der Dormanzbrechung bei <i>Harpagophytum procumbens</i> (Burch) DC. ....	194
SCHENK, R.; JÄHNISCH-MARTENS, G.; GÖHLER, I.: Inkulturnahme von <i>Cimicifuga racemosa</i> (L.) NUTTALL .....	196

### Posterführung 7

SENSEL, K., AIGELTINGER, R.; ELLMER, F.: Biogaserzeugung aus Kartoffelabfällen: Prozess, Rückstände, pflanzenbauliche Verwertung .....	198
DEUKER, A.; STINNER, W.: Biogaspotenziale aus landwirtschaftlichen Nebenprodukten - Beispiele aus dem Ökologischen Landbau im Vergleich mit Energie-maisanbau.....	200
GREBE, S.; STÜLPNAGEL, R.; WACHENDORF, M.: Vergleich von Triticale-Sorten und einzelnen Weizen-Sorten hinsichtlich Teil- und Ganzpflanzenerträgen für die Herstellung von Biogas und Ethanol bzw. zur thermischen/stofflichen Verwertung („SUNFUEL“) .....	202
*STÜLPNAGEL, R.; WACHENDORF, M.; SCHEFFER, K.: Systemversuch zum Zweikultur-Nutzungssystem auf sechs Standorten im Bundesgebiet – Ein Multisite-Experiment für den Energiepflanzenbau .....	
SCHMUDE, D.; DITTMANN, L.: Energieeffizienz von Rotkleegrass und Mais als Biogassubstrat unter dem Aspekt der mineralischen Stickstoffdüngung .....	204
KLOSTERMANN, I.: Einfluss von produktionstechnischen Maßnahmen auf das Biomasse- und Biogaspotential von Energiemais .....	206
PETERS, J.; KLOSTERMANN, I.: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Teilprojekt Grundversuch: Entwicklung standortangepasster Anbausysteme.....	208

GÖDEKE, K.; NEHRING, A.; VETTER, A.: Standortangepasster Energiepflanzenanbau in Deutschland.....	210
GRAB, R.; SCHEFFER, K.: Energiepflanzenanbau als Beitrag zur Optimierung von naturschutzfachlichen Zielen in der Landschaft.....	212
MAYUS, M.; LINK, J.; HERMANN, W.; CLAUPEIN, W.: Ausgestaltung eines Bioenergiebetriebes mit Schwerpunkt thermischer Nutzung am Beispiel des landwirtschaftlichen Betriebes Ihinger Hof.....	214
DENGLER, M.; BÖHMEL, C.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; CLAUPEIN, W.: Modellierung des Ertragspotentials von Energiemaissorten an unterschiedlichen Standorten.....	216

### Posterführung 8

NEUMANN, H.; BISSCHOP-LARSEN, L.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Zum Einfluss des ökologischen Landbaus auf Feldvögel in der Acker-Knick-Landschaft.....	218
GIMPLINGER, D.; DOBOS, G.; KAUL, H.-P.: Korn- und Biomasseertrag bei Körneramarant ( <i>A. cruentus</i> , <i>A. hypochondriacus</i> ) .....	220
GROHMANN, P.; RATHKE, G.-W.; HOFFMANN-BAHNSEN, R.; DIEPENBROCK, W.: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die CO <sub>2</sub> -Bilanz von Winterraps und Winterweizen .....	222
KAUKE, J.: Einfluss von Standorteigenschaften, Jahreswitterung und Wachstumsreglereinsatz auf die sortendifferenzierte Ausprägung der Pflanzenlänge von Winterweizen und Wintergerste.....	224
PACYNA, S.; KOCH, H.-J.; MÄRLÄNDER, B.: Einfluss verschiedener Fruchtfolgen auf Ertrag und Qualität der Feldfrüchte auf einem Lössstandort - Versuchskonzept und -anlage- .....	226
PACYNA, S.; STOCKFISCH, N.; KOCH, H.-J.: Effect of ploughing under a loess soil after several years of conservation tillage on sugar beet yield and quality .....	228
TONN, B.; THUMM, U.; CLAUPEIN, W.: Bioenergiepotenziale von Landschaftspflegeholz.....	230
LIEBHARD, P.; WEINGARTMANN, H.; MILOVANOVIC, D.: Einfluss des Standortes auf den Ertrag und das Trocknungsverhalten bei der Holzproduktion im Kurzumtrieb .....	232
BOELCKE, B.: Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen - Ertrag und Ertragsaufbau in Abhängigkeit von der Baumart und Umtriebszeit ...	234
KAHLE, P.; HILDEBRAND, E.: Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen: Bodeneigenschaften nach mehrjähriger Nutzung.....	236
LIEBHARD, P.; PRAZNIK, W.: Einfluss unterschiedlicher Standortbedingungen auf langjähriges Ertragsverhalten und auf ausgewählte Qualitätskriterien von <i>Miscanthus sinensis</i> "Giganteus" in Österreich .....	238
KOC SIS, L.; LIEBHARD, P.: Einfluss des Erntetermins auf das Ertragspotential und das Kohlehydratmuster bei ausgewählten Topinambursorten im semiariden Produktionsgebiet Österreichs .....	240

<b>Parallelsektionen</b>
--------------------------

<b>Parallelsektion 1</b>
--------------------------

HOFFMANN-BAHNSEN, R.; EMENDACK, Y.; HEINTZ, V.; HERZOG, H.; DIEPENBROCK, W.: Strategien der Dürrestress-Vermeidung bei Rispenhirse ( <i>Panicum miliaceum</i> ) .....	242
JOHNEN, T.; BÖTTCHER, U.; JÖRG, E.; KAGE, H.: Parametrisierung und Evaluierung zweier Phänlogiemodelle für Winterweizen anhand umfangreicher, mehrjähriger, mehrortiger Versuchsdaten .....	244
MÜLLER, K.; BÖTTCHER, U.; KAGE, H.: Modellierung von Wachstum und Entwicklung von Winterraps .....	246
SCHUBERT, S.; REEB, D.: Pflanzenbauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Ertragsleistung im Weizenanbau unter Trockenbedingungen .....	248

<b>Parallelsektion 2</b>
--------------------------

SPIEß, H.; LORENZ, N.; MÜLLER, K.-J.; KOCH, E.; WÄCHTER, R.; JAHN, M.; WALDOW, F.; VOGT-KAUTE, W.; WILBOIS, K.-P.: Strategien zur Bekämpfung von Brandkrankheiten bei Getreide im Ökologischen Landbau.....	250
WEBER, A.; GRAEFF, S.; KOLLER, W.-D.; MERKT, N.; HERMANN, W.; CLAUPEIN, W.: Zweijährige Ergebnisse zum Einfluss von Sortenwahl und Stickstoffdüngung auf das Acrylamid-Bildungspotenzial von Getreide .....	252
STEINMANN, H.-H.; HETTWER, U.; GEROWITT, B.: Räumliche und zeitliche Aspekte der Ausbreitung von <i>Cirsium arvense</i> L. im Ackerbau.....	254
SASSE, A.; ELLMER, F.: Humanurin als Düngestoff im Pflanzenbau .....	256

<b>Parallelsektion 3</b>
--------------------------

BISCHOFF, J.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Optimierung des Rapsanbaus in Trockengebieten durch Einzelkornsaat .....	258
KOWALSKI, B.; KÖPPEN, D.; TERRY J. F.; AGRAMONTE P. D.: Wirkung verschiedener Pflanzenstärkungsmittel auf Ertrag und Pflanzengesundheit bei Kartoffeln im ökologischen und integrierten Anbau.....	260
WAGNER, B.; CHRISTEN, O.; SIELING, K.; STEININGER, M.: Analyse und Bewertung der N-Überschüsse innerhalb verschiedener Rapsanbausysteme in Norddeutschland .....	262
MEYER-SCHATZ, F.; BÖTTCHER, U.; KAGE, H.: Methodenentwicklung zum N-Aufnahmemonitoring und Ableitung kritischer, stadienspezifischer Bestandesflächenindizes bei Winterweizen .....	264

<b>Parallelsektion 4</b>
--------------------------

BÖHM, H.; BERK, A.: Bewertung ausgewählter Leguminosen- und Leguminosen-Getreide-Gemenge im Ökologischen Landbau hinsichtlich der Ertragsleistung und des Futterwertes.....	266
TITZE, A.; GRUBER, H.: Ertrag und Qualität von Öko-Ganzpflanzensilagen aus Sommergetreide und Körnerleguminosen .....	268

KLEEN, J.; GIERUS, M.; TAUBE, F.: Ertragsbildung verschiedener Futterleguminosen unter Schnitt- und Weidenutzung .....	270
ALABSI, E.; BOCKHOLT, R.: Zur Prüfung der Schmackhaftigkeit von Hochzuckersorten des Deutschen Weidelgrases ( <i>Lolium perenne</i> L.) mit Schafen .....	272

### Parallelsektion 5

MAUSCHERNING, I.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Beisat von Zwischenfrüchten zur Reduzierung von N-Auswaschung und zur Steigerung der Ertragsleistung von Winterweizen .....	274
URBATZKA, P.; GRAß, R.; SCHÜLER, C.: Vergleich der Vorfruchtwirkung hinsichtlich verschiedener Winter- und Sommererbsengenotypen .....	276
HOF, C.; HOCHMUTH, C.; SCHMIDTKE, K.; RAUBER, R.: Wirkung des Gemengeanbaus mit Winterkörnerleguminosen auf Kornertrag und Kornqualität von Winterweizen .....	278
PREM, W.; HÜLSBERGEN, K.-J.; LÖRCHER, M.; MANHART, H.: Einfluss des Pflanzenbaus auf die Produktökobilanz "Brot" - am Beispiel der Hopfisterei - .....	280
EICHLER-LÖBERMANN, B.; LÓPEZ, R.; STEINBRECHT, D.; KÖPPEN, D.: Verwertung von Rückständen aus der energetischen Nutzung von Biomasse zur P-Ernährung im Pflanzenbau .....	282
GÖTTMANN, S.; HONERMEIER, B.: Untersuchungen zum Blattdrogenertrag und Wirkstoffgehalt unterschiedlicher Sorten der Artischocke ( <i>Cynara cardunculus</i> ) in Feldversuchen .....	284

### Parallelsektion 6

BURKART, S.; MANDERSCHIED, R.; WEIGEL, H.-J.: Bestandes-Kohlenstoff-Flüsse unter erhöhter atmosphärischer CO <sub>2</sub> -Konzentration: Ergebnisse vom Braunschweiger FACE .....	286
MÜLLER, J.; BEHRENS, T.; DIEPENBROCK, W.: Biomass formation of oilseed rape: A simulation study based on organ- and canopy-scale gas exchange measurements .....	288
MÜLLER, J.; WERNECKE, P.; BRAUNE, H.; DIEPENBROCK, W.: Virtual Crop Model - Barley: Kopplung von Pflanzenarchitektur, Strahlungsinterzeption und Stoffbildung .....	290
WERNECKE, P.; MÜLLER, J.; DORNBUSCH, T.; WERNECKE, A.; DIEPENBROCK, W.: VICA – Barley: 3D Simulation eines Pflanzenbestandes (Architektur, C-Input, Stoffbildung und -verteilung) .....	292
LIMBRUNNER, B.; MAIDL, F.-X.: Ermittlung des optimalen Stickstoff-Versorgungszustands bei Winterweizen ( <i>Triticum aestivum</i> ) mittels Laser-induzierter Chlorophyll-Fluoreszenz .....	294
WESTPHAL, D.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Optimierung der Wirtschaftsdüngung zu Öko-Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung teilflächenspezifischer Gegebenheiten .....	296

**Parallelsektion 7**

KÖPPEN, D.; KOWALSKI, B.; EICHLER-LÖBERMANN, B.: Wirkungen einer Gülledüngung zu Silomais und Untersaat zu Winterroggen auf Ertrag und N-Entzug in einer dreifeldrigen Fruchtfolge .....	298
SCHIBORRA, A., Gierus, M.; Wan, H.; Bai, Y.; TAUBE, F.: Pflanzenbauliche Parameter als Indikatoren nutzungsbedingter Veränderungen in einem natürlichen Graslandbestand in der Inneren Mongolei .....	300
MÜLLER, J.; SEIDEL, K.; KAYSER, M.; KESTING, S.: Nährstoffmanagement in geschützten Grünlandarealen am Beispiel eines Niedermoorgebietes mit dem Vorrang Wiesenvogelschutz.....	302
NANNEN, D.U.; DITTERT, K.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Abschätzung der Ausnutzung von organischem und mineralischem N-Dünger auf Dauergrünland mit Hilfe der Differenzmethode und der $^{15}\text{N}$ -Stabilisotopenmethode.....	304
TREYSE, K.; TAUBE, F.: Endogene Stickstoff-Verwertungseffizienz als Indikator zur Ableitung von Düngungsempfehlungen für intensiv genutztes Grünland .....	306
WRAGE, N.; SAHIN, N.; RÖVER, K.-U.; HOFMANN, M.; ISSELSTEIN, J.: Nährstoffbilanzen zur Prognose von Biodiversität auf beweidetem Grünland .....	308

**Parallelsektion 8**

BODNER, G.; STRAUß-SIEBERTH, A.; LOISKANDL, W.; KAUL, H.-P.: Auswirkungen von Zwischenfrüchten auf die Wasserbilanz im semiariden Produktionsgebiet ..	310
HOYER, U.; LEMNITZER, B.; BRANDHUBER, R.; HÜLSBERGEN, K.-J.: Einfluss des ökologischen Landbaus auf Humusgehalte und biologische Aktivität von Ackerböden .....	312
KÜSTERMANN, B.; KAINZ, M.; SCHMID, H.; WENSKE, K.; HÜLSBERGEN, K.-J.: Einfluss unterschiedlicher Anbausysteme auf C-Flüsse und C-Pools.....	314
MAIDL, F.-X., HEER, W.: Bewertung von Systemen mit reduzierter Bodenbearbeitung in Abhängigkeit der Fruchtfolge .....	316
PASDA, G.; ZERULLA, W.; WISSEMEIER, A. H.: Auswirkung einer zeitweisen N-Auslagerung auf Erträge, Ausnutzung des N-Düngers und N-Nachlieferung des Bodens .....	318
SIEBRECHT, N.; KAINZ, M.; HÜLSBERGEN, K.-J.: Integration von Geländemodellen in ein Betriebsmanagementsystem zur Abschätzung der Bodenerosion durch Wasser .....	320

**Plenarvortrag**

SCHEER, H.: Der unerschlossene Reichtum der solaren Rohstoffe .....	322
---	-----

\* Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor

## **Ressource Pflanze: Vom Genom zum nachwachsenden Rohstoff**

Wolfgang Friedt

Genomforschung an Pflanzen wird heute international mit hoher Intensität betrieben. Die nationalen Aktivitäten – insbesondere im Rahmen des Programms „Genomanalyse im biologischen System Pflanze“ (GABI) – beziehen sich auf Nutzpflanzen wie Gerste, Weizen, Mais, Kartoffel, Raps und die Modellpflanze Arabidopsis. Aus diesen Forschungsarbeiten erwächst eine Fülle von Daten zu Struktur und Funktion der Genome, die eine außerordentlich wertvolle genetische Ressource für die Züchtungsforschung und die praktische Pflanzenzüchtung darstellen.

Dabei dienen die Ergebnisse sowohl der Verbesserung von Resistenz- und Ertrags-eigenschaften als auch der Optimierung der Inhaltsstoffe (Qualität) – unabhängig davon, ob es sich um Nutzpflanzen für den Food- oder den Non-Food-Bereich handelt. Aber gerade im Hinblick auf die Produktion von Pflanzen für die Gewinnung nachwachsender Rohstoffe ergibt sich in jüngster Zeit ein besonderer Bedarf hinsichtlich der züchterischen Optimierung der Inhaltsstoffzusammensetzung einerseits und der Maximierung der Ertragsleistung andererseits. Insbesondere die energetische Nutzung pflanzlicher Rohstoffe findet heute in weiten Teilen der Gesellschaft – und dabei vor allem in der landwirtschaftlichen Praxis – ein wachsendes Interesse: Pflanzenöle (vor allem Rapsöl) dienen heute schon in beträchtlichem Umfang der Gewinnung von Treibstoffen (insbesondere Biodiesel), kohlenhydratreiche pflanzliche Rohstoffe (z.B. Getreide) werden in rasch wachsendem Umfang für die Erzeugung von Bioethanol als Benzinsubstitut verwendet, und die rapide steigende Anzahl von Biogasanlagen bedarf ebenso rasch zunehmender Mengen an Biomasse für die Gaserzeugung.

Vor diesem Hintergrund wird schnell deutlich, dass die notwendigen pflanzlichen Rohstoffe für die verschiedenen Verwendungsrichtungen bei gleichzeitiger Sicherstellung der Lebensmittelversorgung begrenzt sind und sehr schnell knapp werden können. Mithin ist hier die Züchtung gefordert, die Ertragsleistung der relevanten Nutzpflanzen durch Entwicklung und Bereitstellung verbesserter Sorten weiter zu steigern und dabei zugleich eine möglichst breite Palette an Nutzpflanzen vorzuhalten. Hierfür kann die Genomforschung wesentliche Grundlagen liefern und methodische Weiterentwicklungen ermöglichen.

## **Biomassepotenziale und deren Nutzungsmöglichkeiten**

Martin Kaltschmitt & Daniela Thrän

### **Einleitung**

Die Nutzung von Biomasse kann sowohl zur (gekoppelten) Bereitstellung thermischer und elektrischer Energie als auch zur Versorgung mit Kraftstoffen genutzt werden. Die Bioenergie kann damit in vielfältiger Weise zu einer umwelt- und klimaverträglicheren Energieversorgung Deutschland beitragen. Wesentliche Voraussetzung dafür sind aber entsprechende Potenziale, damit auch ein energiewirtschaftlich relevanter Beitrag im Energiesystem geleistet werden kann. Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden zunächst die technischen Biomassepotenziale in Deutschland diskutiert. Anschließend wird auf die insgesamt gegebenen Möglichkeiten, diese unterschiedlichen Biomasseströme in End- bzw. Nutzenergie zu überführen, eingegangen. Ausgehend davon werden die daraus resultierenden Endenergiepotenziale diskutiert. Abschließend wird cursorisch auf die Optionen eingegangen, von denen in den kommenden Jahren eine wachsende Marktbedeutung erwartet werden kann.

### **Technische Brennstoffpotenziale**

Das technische Brennstoffpotenzial beschreibt den Anteil der insgesamt verfügbaren Biomasse, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist. Zusätzlich dazu werden i. Allg. strukturelle und ökologische Restriktionen (z. B. Naturschutzgebiete, Flächen zur Biotopvernetzung) und gesetzliche Vorgaben (z. B. Zulässigkeit von hygienisch bedenklichen organischen Abfällen für den Einsatz in Biogasanlagen) berücksichtigt, da sie letztlich auch – ähnlich den (ausschließlich) technisch bedingten Eingrenzungen – oft "unüberwindbar" sind.

Für die Ableitung der technischen Brennstoffpotenziale werden die verfügbaren Mengen (z. B. Tonnen Holz pro Jahr) sowie substratspezifische Kennwerte (z. B. Heizwerte für die thermo-chemische Wandlung, Biogaserträge für die bio-chemische Wandlung, Ölgehalte für die physikalisch-chemische Wandlung) zu Grunde gelegt.

Tabelle 1 zeigt ausgehend davon das gegenwärtige technische Brennstoffpotenzial aus Biomasse in Deutschland. Dabei wird bei den Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen unterschieden zwischen halmgutartigen (u. a. Stroh, Landschaftspflegematerial), holzartigen (u. a. Waldrestholz, Schwachholz, Altholz, Industrierestholz, Landschaftspflegeholz) und sonstigen Stoffen (u. a. Exkrememente, organische Gewerbe- und Industrieabfälle). Die Potenziale aus dem Wald umfassen die nicht stofflich genutzten Anteile des Einschlags (d. h. Brennholz, Waldrestholz) und der Anteil des jährlichen Zuwachses, der derzeit nicht eingeschlagen wird.

Hinzu kommen Energiepflanzen, die als ein- oder mehrjährige Kulturen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zur ausschließlichen energetischen Verwertung angebaut werden können. Dabei wird hier eine verfügbare Fläche von 2 Mio. ha unterstellt. Darauf wird bei der thermo-chemischen Wandlung ein Mischanbau unterschiedlicher Lignocellulose-Pflanzen zur Festbrennstoffbereitstellung, bei der physikalisch-chemischen Wandlung der Rapsanbau und bei der bio-chemischen Wandlung ein Zwei-Kultursystem zur Biogassubstraterzeugung sowie der Anbau von Substraten zur Ethanolherzeugung angenommen. Dieses Vorgehen führt zu einer Ma-

ximalabschätzung; in der Praxis ist die Auswahl geeigneter Anbaukulturen durch die jeweiligen Standortbedingungen deutlich eingeschränkter.

Tabelle 2: Technisches Brennstoffpotenzial aus Biomasse in Deutschland /Kaltschmitt, Thrän 2004/

	Energetisch nutzbare Menge Mio. t <sub>Frischmasse/a</sub>	Potenzial bei thermo- chemischer Umwandlung PJ/a	Potenzial bei bio- chemischer Umwandlung PJ/a	Potenzial bei physikalisch- chemischer Umwandlung PJ/a
<b>Halmgutartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle</b>				
Stroh	9,3	130	38 – 63	–
Gras aus Grünland etc.	2,6 – 4,0	37 – 56	15 – 23	–
Landschaftspflegematerial	0,9 – 1,8	11 – 22	8 – 16	–
Summe	12,8 – 15,1	178 – 208	61 – 102	–
<b>Holzartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle</b>				
Waldrestholz	13,7	169	–	–
Schwachholz	10	123	–	–
Zusätzlich nutzbar. Waldholz	10,7	132	–	–
Altholz	6	78	–	–
Industrierestholz	4	58	–	–
Landschaftspflegeholz	0,46	4	–	–
Summe	45	563	–	–
<b>Sonstige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle</b>				
Exkrement und Einstreu	162	–	96,5	–
Ernterückstände	7 – 14	–	9,1 – 18,3	–
Abfälle aus Gewerbe u. Ind.	3,1 – 4,7	–	6,4 – 12,2	–
Org. Siedlungsabfälle	7,6	–	12,5	–
Summe	180 – 188	–	124 – 139	–
Klärgas		–	19,5	–
Deponiegas		–	15 – 21	–
Summe Rückstände, Nebenprod. und Abfälle		741 – 770	219 – 282	–
Energiepflanzen auf 2 Mio. ha		365	236 <sup>a</sup> – 252 <sup>b</sup>	103 <sup>c</sup>
<b>Gesamtsumme</b>		<b>1 106 – 1 135</b>	<b>455 – 533</b>	<b>103</b>

<sup>a</sup>Biogassubstrate, <sup>b</sup>Ethanol aus Zuckerrüben (zusätzlich wären noch Biogassubstrate (95 PJ/a) nutzbar) <sup>c</sup>Pflanzenöl bzw. RME aus Raps (zusätzlich wären noch Stroh (125 PJ/a) u. Schrot (65 PJ/a) energetisch nutzbar)

Dabei ist zu beachten, dass die ausgewiesenen Biomassen (z. B. Halmgut oder Energiepflanzen) immer nur einmal genutzt werden können (also entweder thermo-chemisch oder bio-chemisch oder physikalisch-chemisch). Damit beträgt das gesamte Brennstoffpotenzial ca. 1 000 bis 1 300 PJ/a (ca. 8 % des gegenwärtigen deutschen Primärenergieverbrauchs).

Zukünftig sind bei den hier skizzierten Potenzialen Veränderungen zu erwarten. Während diese bei den Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen vergleichsweise gering ausfallen werden, ist bei den Energiepflanzen – infolge des zu erwartenden rückläufigen Flächenbedarfs für die Nahrungsmittelproduktion – künftig voraussichtlich ein deutlicher Zuwachs zu erwarten. Damit in den kommenden Jahren deutlich steigende Biomassepotenziale – und damit eine zunehmende Bedeutung der Energiepflanzen – wahrscheinlich /Thrän et al 2006/.

### Umwandlungsmöglichkeiten

Aus den dargestellten organischen Stoffen lassen sich über thermo-chemische, physikalisch-chemische und bio-chemische Umwandlungsprozesse feste, flüssige und gasförmige (Bio-)Energieträger erzeugen, die zur Strom-, Wärme- und Kraftstoffherzeugung eingesetzt werden können (Abb. 1). Die grundsätzlich verfügbaren Umwandlungsrouten werden nachfolgend kurz skizziert.



**Ausschließliche Verbrennung.** Bei der Verbrennung werden biogene Festbrennstoffe in Feuerungsanlagen zur Wärme- und/oder Strombereitstellung eingesetzt. Dabei ist die Wärmebereitstellung in allen Leistungsbereichen seit Jahrzehnten Stand der Technik und im praktischen Einsatz. Die Stromerzeugung in Biomasse(heiz)kraftwerken über konventionelle Dampfprozesse (Turbine) ist ebenfalls gängig und hat infolge des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Demgegenüber ist die kleintechnische Stromerzeugung (z. B. Stirlingmotor) bisher noch nicht etabliert.

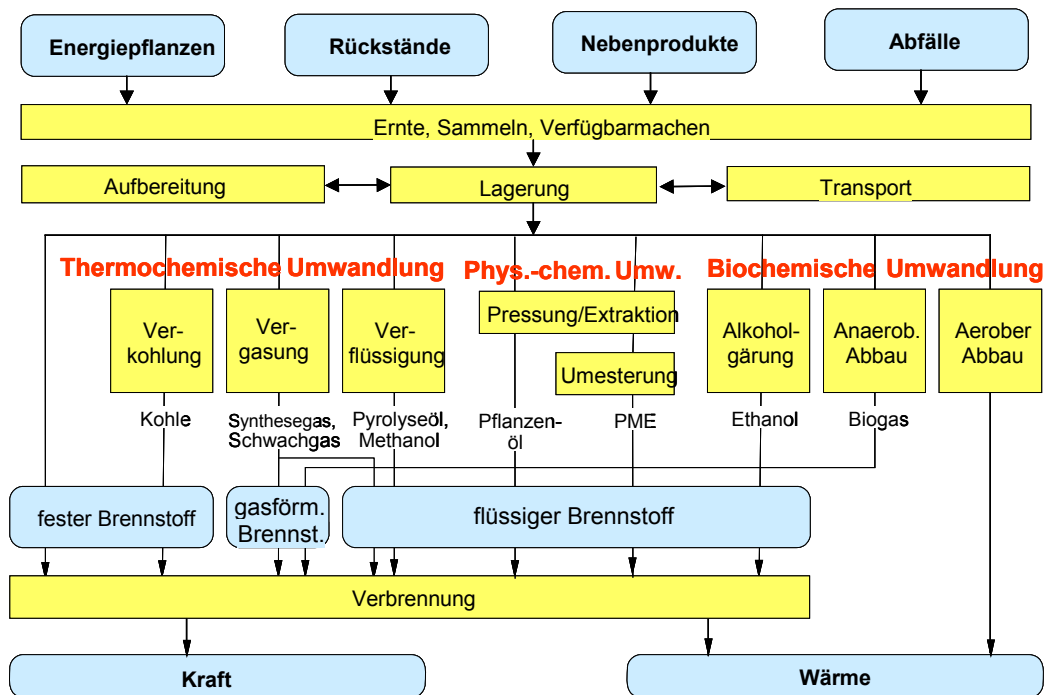


Abb. 1: End- bzw. Nutzenergiebereitstellung aus Biomasse /Kaltschmitt und Hartmann 2001/

**Thermo-chemische Umwandlung.** Bei der thermo-chemischen Wandlung werden aus Festbrennstoffen unter dem Wärmeeinfluss feste, flüssige und/oder gasförmige Energieträger gewonnen.

Ziel der Verkohlung ist eine möglichst hohe Ausbeute an Festbrennstoff, welcher i. Allg. zur Wärmebereitstellung (z. B. Holzkohle) oder alternativ stofflich (z. B. Aktivkohle) genutzt wird. Holzkohle als Energieträger hat aber kaum energiewirtschaftliche Bedeutung.

Bei der Pyrolyse soll eine möglichst hohe Ausbeute an flüssigen Komponenten (d. h. Pyrolyseölen) erzielt werden. Trotz erheblicher Entwicklungsanstrengungen befinden sich derartige Verfahren nach wie vor im F&E-Stadium.

Die Vergasung strebt eine möglichst vollständige Umwandlung der biogenen Festbrennstoffe in Brenngase an. Dieses Gas kann anschließend in Motoren, Turbinen oder ggf. in Brennstoffzellen zur Stromerzeugung eingesetzt oder zu flüssigen Bioenergieträgern (BtL) umgewandelt werden (z. B. FT-Diesel). Die Vergasung ist aufgrund der grundsätzlich erreichbaren hohen Wandlungswirkungsgrade eine wesentliche Zukunftsoption zur Strom- und mittelfristig auch zur Kraftstoffherzeugung.

**Physikalisch-chemische Umwandlung.** Öle und Fette, mittels physikalisch-chemischer Verfahren (Pressung/Extraktion) produziert, lassen sich als Kraftstoff in ausgewählten stationären und mobilen Dieselmotoren nutzen. Die dazu notwendige Tech-

nik ist seit Jahren verfügbar. Durch eine Umesterung zu Pflanzenölmethylester (PME) kann das Pflanzenöl den Eigenschaften fossilen Dieselkraftstoffs angenähert werden; dadurch ist vielfach ein problemloser Einsatz in vorhandenen (stationären und mobilen) Dieselmotoren möglich; auch kann PME in beliebigen Anteilen mit fossilem Diesel gemischt werden. Diese Technologie ist für einige Öle (z. B. Rapsöl) ebenfalls Stand der Technik.

**Bio-chemische Umwandlung.** Hier wird die Biomasse mithilfe von Mikroorganismen – und damit auf biologischem Weg – umgewandelt. Dabei kann u. a. zwischen einer alkoholischen Gärung und einem anaeroben Abbau unterschieden werden.

Bei der alkoholischen Gärung werden zucker-, stärke- und cellulosehaltige Biomassen in Ethanol überführt, der anschließend in Reinform gewonnen und als Kraft- und Brennstoff in Motoren oder Verbrennungsanlagen zur Bereitstellung von Kraft, Strom und Wärme eingesetzt werden kann. Die dazu benötigte Technologie ist großtechnisch verfügbar, zeigt aber noch (energetische) Optimierungspotenziale.

Bei der anaeroben Vergärung organischen Materials in wässriger Lösung entsteht Biogas, das zu rund zwei Dritteln aus Methan besteht. Besonders vorteilhaft ist dieser Wandlungspfad für organische Masse, die bereits in wässriger Lösung bzw. mit einem sehr hohen Wasseranteil (Gülle, organischen Siedlungsabfällen, Klärschlamm u. ä.) anfällt. Das entstandene Biogas kann – ggf. nach einer Reinigung – in Motoren zur Wärme-, Strom- und Kraftbereitstellung genutzt werden.

### **Endenergiepotenziale**

Die Endenergiepotenziale umfassen die technisch bereitstellbare Endenergie an Strom, Wärme und/oder Kraftstoff, die mithilfe der diskutierten Konversionstechnologien aus den technischen Brennstoffpotenzialen (Tabelle 1) erzeugt werden können. Dabei wird jeweils unterstellt, dass das verfügbare Brennstoffpotenzial für die entsprechende Endenergieoption vollständig verfügbar ist.

- Die Potenziale zur Stromerzeugung liegen insgesamt bei ca. 100 bis 130 TWh/a. Von der gegenwärtigen Bruttostromerzeugung von rund 570 TWh/a ließen sich bei voller Ausschöpfung des maximalen Stromerzeugungspotenzials aus Biomasse 18 bis 23 % decken.
- Das maximale Wärmeerzeugungspotenzial aus Biomasse umfasst ca. 900 bis 1 200 PJ/a. Bezogen auf die gegenwärtige Niedertemperatur-Wärmenachfrage von ca. 2 600 PJ/a ließen sich maximal 35 bis 45 % decken.
- Zur Kraftstofferzeugung sind gegenwärtig nur die Biodiesel- und Ethanolpotenziale verfügbar. Das damit verbundene Endenergiepotenzial liegt zwischen 100 und 252 PJ/a. Wenn es gelingt, zusätzlich Kraftstoffe durch thermo-chemische Umwandlung von biogenen Festbrennstoffen bereitzustellen und die Biogasnutzung im Traktionsbereich zu etablieren, könnte das maximale Kraftstofferzeugungspotenzial auf ca. 500 bis 1 000 PJ/a ansteigen. Bezogen auf die gegenwärtige Kraftstoffnachfrage von ca. 2 745 PJ/a ließen sich dann 19 bis 35 % decken.

### **Schlussbetrachtung**

Ziel dieser Ausführungen ist es, für Deutschland die vorhandenen Biomassepotenziale und deren Nutzungsmöglichkeiten zusammenzustellen und ausgehend davon die möglichen Beiträge zur Deckung der End- bzw. Nutzenergienachfrage zu erheben. Dabei wurde Folgendes deutlich.

- Die technischen Brennstoffpotenziale an Biomasse in Deutschland sind groß und energiewirtschaftlich relevant.

- Es gibt eine Vielzahl an Umwandlungspfaden und Konversionstechnologien, mit denen unterschiedlichste Biomassefraktionen in Wärme, Strom und Kraftstoffe gewandelt werden können.
- Ausgehend von den verfügbaren Wandlungsmöglichkeiten errechnen sich Endenergiepotenziale, die merklich zur Deckung der Energienachfrage im deutschen Energiesystem beitragen könnten.

Tabelle 2: Endenergiepotenziale aus Biomasse in Deutschland, Daten aus /Kaltschmitt, Thrän 2004/ (1 TWh = 3,6 PJ)

	Brennstoff- potenzial PJ/a	Endenergiepot. Strom TWh/a	Endenergiepot. Wärme PJ/a	Endenergiepot. Kraftstoff PJ/a
Halmgutartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle	178 – 208 (61 – 102*)	14 – 25 <sup>a</sup>	134 – 186 <sup>c</sup>	71 – 145 <sup>e</sup>
Holzartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle	563	44 – 68 <sup>a</sup>	422 – 507 <sup>c</sup>	225 – 394 <sup>e</sup>
Sonstige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle (inkl. Klär-/Deponiegas)	159 – 180	13 – 18 <sup>b</sup>	95 – 108 <sup>d</sup>	111 – 162 <sup>f</sup>
Energiepflanzen auf 2 Mio. ha	103 – 365	20 – 44 <sup>a</sup>	274 – 329 <sup>c</sup>	103 <sup>g</sup> 120 – 252 <sup>h</sup> 164 – 211 <sup>f</sup> 146 – 256 <sup>e</sup>
Summe	1 023 – 1 296	91 – 126 (328 – 453 PJ/a)	925 – 1 130	511 – 962

<sup>a</sup> Einsatz in Biomassekraftwerken der 20 MW-Klasse (elektr. Wirkungsgrade von 28 bis 32 %) bzw. Zufeuerung in vorhandenen Kohlekraftwerken der neuesten Generation (elektr. Wirkungsgrade von 35 bis 43 %); <sup>b</sup> Einsatz in BHKW (elektr. Wirkungsgrade von 30 bis 35 %); <sup>c</sup> Einsatz in Biomasseheizungen und –heizwerken (75 bis 90 % Wirkungsgrad); <sup>d</sup> gesamte potenzielle Wärmebereitstellung bei vollständiger Biogasnutzung in BHKW; <sup>e</sup> Umwandlungswirkungsgrade der Synthese (z. B. Methanol, Fischer-Tropsch) von 40 bis 70 %; <sup>f</sup> Biogas mit Aufbereitungswirkungsgrad einschließlich Verteilungsverluste von 70 bis 90 %; <sup>g</sup> Pflanzenöl bzw. RME aus Raps; <sup>h</sup> Ethanol aus Weizen bzw. Zuckerrüben

Damit ist die Biomasse eine wesentliche Option für ein zukünftiges, mehr auf regenerativen Energien basierendes Energiesystem. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass Biomasse bereits heute merklich zur Deckung der Energienachfrage beiträgt (Abb. 2); Biomasse ist heute in Deutschland (und weltweit) der regenerative Energieträger, der – bei steigender Tendenz – am weitgehendsten genutzt wird.

- 2005 wurden rund 21,1 TWh Strom aus Biomasse – und hier im Wesentlichen aus biogenen Festbrennstoffen (d. h. Altholz und Industrierestholz) und aus Biogas (d. h. landwirtschaftliches Biogas, Klär- und Deponiegas) – erzeugt. Damit verbunden war auch die Bereitstellung von fast noch einmal der gleichen Energiemenge an Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung.
- Zur ausschließlichen Wärmeerzeugung wurden 2005 rund 275 PJ an Brennstoffenergie eingesetzt. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Stückholz, das in Kleinfeuerungsanlagen zur Raumheizung verwendet wurde.
- Auch wurden 2005 rund 89 PJ an Biokraftstoffen eingesetzt. Dabei handelt es sich primär um Biodiesel und zu deutlich kleineren Anteilen um Bioethanol.

Wird diese Nutzung bezogen auf die vorhandenen Potenziale zeigt sich, dass in allen Bereichen noch z. T. erhebliche unerschlossene Potenziale vorhanden sind (Abb. 2). Damit könnte die Biomasse in den kommenden Jahren noch deutlich weitergehend zur Deckung der Energienachfrage in Deutschland beitragen. Dies gilt umso mehr, als dass zu erwarten ist, dass infolge leicht zurückgehender Bevölkerung und steigender Erträge weitere Flächen brachfallen könnten, die dann zur Biomasseerzeugung genutzt werden könnten. Und diese Situation gilt nicht nur für Deutschland;

auch in vielen anderen europäischen Staaten – und hier insbesondere in den neuen EU-Mitgliedsstaaten in Osteuropa – sind die Bedingungen ähnlich. Damit ist zu erwarten, dass zukünftig die energetische Nutzung der Biomasse – auch wegen der Setzung der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen – merklich an Bedeutung gewinnen wird. Und dies gilt aus gegenwärtiger Sicht für den Wärme-, Strom- und Kraftstoffmarkt.

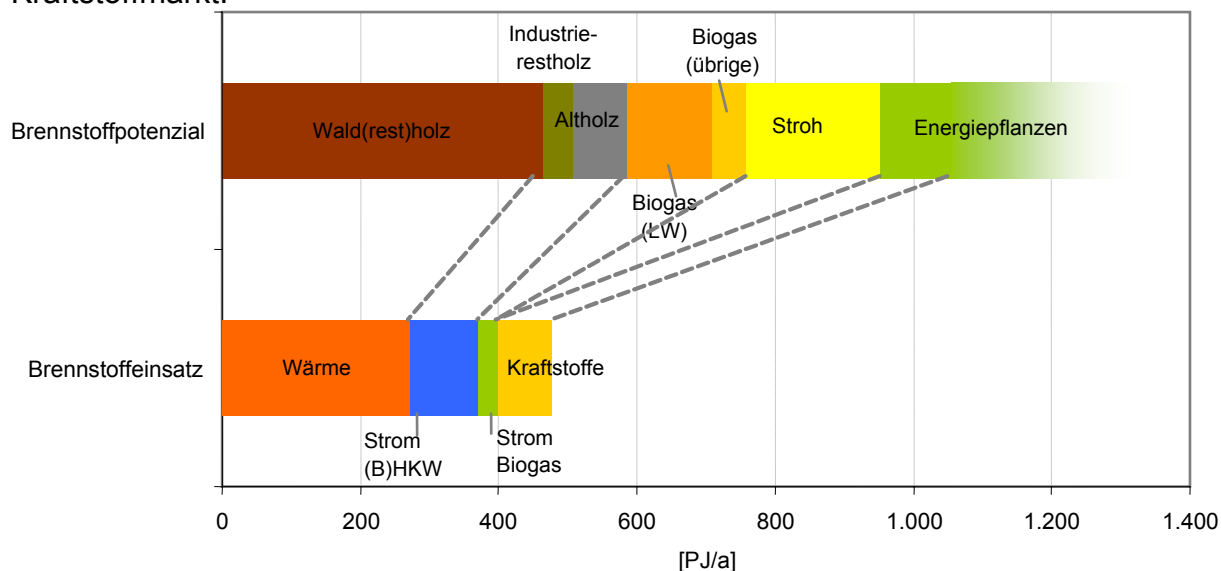


Abb. 2: Brennstoffpotenziale und Brennstoffnutzung von Biomasse in Deutschland 2005 /Thrän 2006/

## Literatur

- Kaltschmitt, M.; Thrän, D.: Status quo und Potenziale der energetischen Biomassenutzung in Deutschland – Wozu sollen welche Potenziale genutzt werden? In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)/ Bundesverband BioEnergie (BBE) (Hrsg.): Ausbau der Bioenergie – im Einklang mit dem Natur- und Umweltschutz?! Eine Standortbestimmung. Tagung am 10. Februar 2004, Landesvertretung Schleswig Holstein, Berlin.
- Vogel, A.; Thrän, D.: Was ist marktfähig? Aus Stroh und Holz lassen sich Treibstoffe herstellen. In: DLG-Mitteilungen 5/2004
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH u.a.: Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. 2. Zwischenbericht, Leipzig, Februar 2005
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH u.a.: Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. 2. Zwischenbericht. Leipzig, 2006.
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Fortschreibung der Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse. Bericht für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik (AG EE-STAT). Leipzig, März 2005
- Thrän, D.; u. a.: Sustainable Strategies for Biomass Use in the European Context. IE-Report, Leipzig 2006.
- Hartmann, H.; Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger – Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien; Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe", Band 3, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, 2002, vollständige Neubearbeitung
- Öko-Institut u.a.: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Endbericht. Darmstadt 2004.
- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.: Energie aus Biomasse, Springer, Berlin, Heidelberg, 2001
- Kaltschmitt, M.; Weber, M.: Markets for solid biofuels within EU-15; Biomass & Bioenergy (akzeptiert zur Veröffentlichung)
- Thrän, D.: Biomasse – Herkunft und Anwendung. Tagungsbeitrag bei der VWEW Fachtagung „Biomassenutzung in Heizkraftwerken und landwirtschaftlichen Biogasanlagen“. Kassel, Juni 2006

## Der Befall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in Abhängigkeit von verschiedenen Bewirtschaftungsmaßnahmen

Stefan Wichmann<sup>1</sup>, Marc Lemmens<sup>2</sup> & Hans-Peter Kaul<sup>1</sup>

### Einleitung

Die Belastung von Getreide mit *Fusarium* spp. und eine daraus resultierende Kontamination des Erntegutes mit Mykotoxinen steht mit dem Inkrafttreten der Verordnung (EG) Nr. 856/2005 der EU Kommission zum 01.07.2006 verstärkt im Fokus der Öffentlichkeit. Die dabei festgelegten Grenzwerte der Mykotoxinbelastung stellen eine Herausforderung an den Produzenten dar, die er, neben dem Anbau von weniger anfälligen Weizensorten, auch mit pflanzenbaulichen Maßnahmen, wie der richtigen Fruchtfolgegestaltung oder der Bodenbearbeitung, bewältigen kann. Für wasserlimitierte Standorte stellt sich zudem die Frage, inwieweit eine Bewässerung den Befall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. beeinflusst. Um die Wirkung der genannten Managementmaßnahmen zu untersuchen, wurde im ostösterreichischen, pannonischem Trockengebiet ein Feldversuch angelegt, bei dem unter anderem die Befallshäufigkeit bzw. –stärke mit *Fusarium* spp. an Winterweizen bestimmt wird.

### Material und Methoden

Der zugrunde liegende Feldversuch wird auf den Versuchsflächen Raasdorf der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf (Marchfeld, Niederösterreich, 156 m NN, Ø-Jahrestemperatur 9,8°C, Ø-Jahresniederschlag 546 mm, Parabraunerde-Tschernosem, schluffiger Lehm) durchgeführt. Der Versuch wurde in einer mehrfaktoriellen Spaltanlage in drei Wiederholungen im August 2002 angelegt. Die Faktoren dieser Untersuchung sind:

- Fruchtfolge (FF I: Zwischenfrucht (Senf) + Körnermais; FF II: Erbse + Zwischenfrucht (Senf) + Körnermais; FF III: Zwischenfrucht (Raps) + Körnermais mit Weidelgras-Untersaat),
- Bodenbearbeitung (Pflug, Grubber)
- Bewässerung (0 mm,  $\Sigma$ 100 mm).

Für die vorliegende Studie wurden anhand einer visuellen Ährenbonitur (100 Weizenähren je Parzelle) die Befallshäufigkeit (Prozentanteil erkrankter Ähren) und die Befallsstärke (Prozentanteil erkrankter Ährchen pro Ähre) festgestellt.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Varianzanalyse (Tab.1) zeigten generell eine geringe Wirkung der Versuchsfaktoren. Im Jahr 2004 konnte für das Merkmal Befallshäufigkeit ein Einfluss des Faktors Bodenbearbeitung festgestellt werden. Zudem war die Interaktion Bodenbearbeitung x Fruchtfolge (BB x FF) sowohl für die Befallshäufigkeit als auch für die Befallsstärke in 2004 signifikant. Im Jahr 2005 waren fast keine gesicherten Effekte zu verzeichnen. Ausnahme war die Interaktion BB x BW beim Merkmal Befallsstärke, die aber bei absoluter Betrachtung eher als geringe Wirkung zu bewerten war (Daten nicht dargestellt).

<sup>1</sup> Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie (DAPP), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

<sup>2</sup> Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie (IFA), Abteilung Biotechnologie in der Pflanzenproduktion, Konrad Lorenz Straße 20, A-3430 Tulln

Tab.1: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Befallshäufigkeit [% befallene Ähren] und die Befallsstärke [% befallene Ährchen pro Ähre] in den Jahren 2004 und 2005.

	Jahr 2004		Jahr 2005	
	Befallshäufigkeit	Befallsstärke	Befallshäufigkeit	Befallsstärke
	[%]	[%]	[%]	[%]
Bodenbearbeitung (BB)	*	ns	ns	ns
Bewässerung (BW)	ns	ns	ns	ns
Fruchtfolge (FF)	ns	ns	ns	ns
BB x BW	ns	ns	ns	*
BB x FF	*	*	ns	ns
BW x FF	ns	ns	ns	ns
BB x BW x FF	ns	ns	ns	ns

Varianzanalyse erfolgte nach einer Logit-Transformation; ns, nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ;

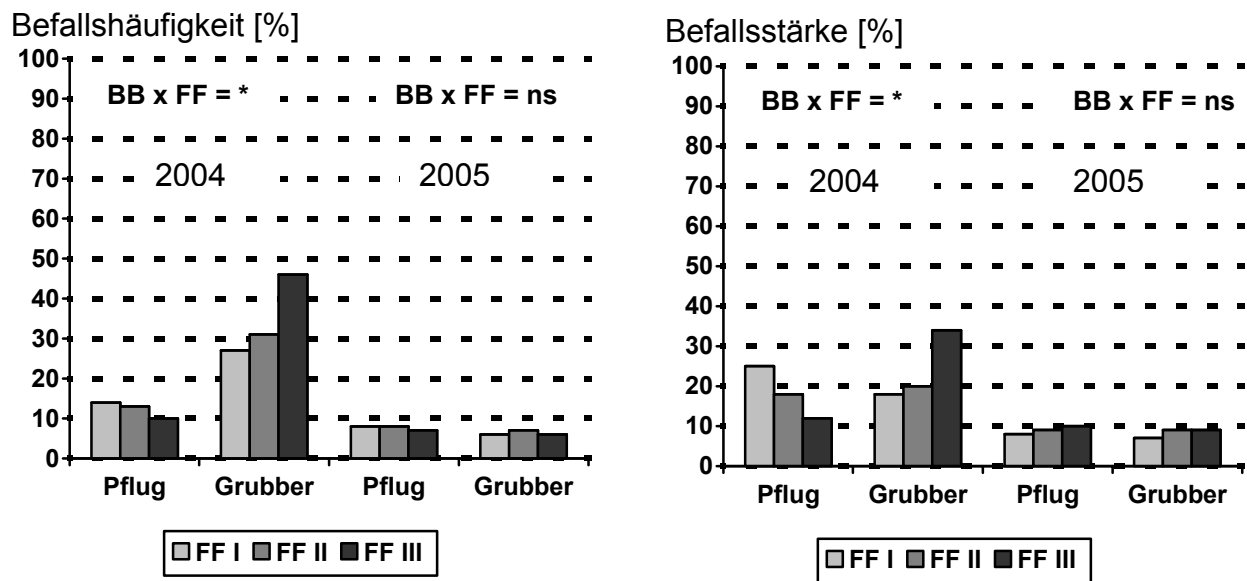


Abb1: Einfluss der Wechselwirkung Bodenbearbeitung x Fruchtfolge (BB x FF) auf die Befallshäufigkeit [%] und die Befallsstärke [%] in den Jahren 2004 und 2005.

Generell war das Auftreten von Ährenfusariose im Jahr 2005 im Vergleich zu 2004 sehr gering (Abb. 1.). Vermutlich wurden im Jahr 2005 aufgrund relativ niedriger Temperaturen während der Weizenblüte weniger *Fusarium*sporen aus dem vorhandenen Inokulum gebildet und damit einhergehend das Infektionspotential an der Ähre reduziert (Champeil et al. 2004). Die Befallshäufigkeit in 2004 war nach nicht wendender Bodenbearbeitung und insbesondere nach Körnermais mit Weidelgras-Untersaat als Vorrucht erhöht, wahrscheinlich weil dort mehr organische Masse und demzufolge mehr Inokulum auf der Bodenoberfläche vorhanden war.

Um feststellen zu können, ob sich der Befall mit *Fusarium* spp. auch im Trockengebiet in Zukunft zwischen den Systemen deutlicher differenziert und um welche *Fusarium*-Arten es sich dabei handelt, wird das Experiment weiter fortgeführt.

## Literatur

Champeil, A., T. Doré, & J.F. Fourbet, 2004: *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Sci.* **166**, 1389-1415.

## **Pfadanalytische Untersuchung von Zwischenfruchteinflüssen auf den Bodenwasserhaushalt**

Gernot Bodner, Willibald Loiskandl<sup>1</sup> & Hans-Peter Kaul

### **Einleitung**

Pflanzenbewuchs beeinflusst in komplexer Weise die Wasserflüsse im Boden-Pflanze-Atmosphäre Kontinuum. Neben dem Wasserentzug über die Wurzeln sind Änderungen in der Evaporation über die Bodenbedeckung sowie Einflüssen von pflanzlich beeinflussbaren Bodenstrukturparametern zu berücksichtigen (Joyce et al. 2002). Die Beschreibung solcher Wirkungszusammenhänge stellt für das Bodenmanagement durch die Begrünung von Ackerflächen mit Zwischenfrüchten eine wichtige Grundlage dar, um deren Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt zu beurteilen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Darstellung eines Strukturgleichungsmodells als Methode zur statistischen Beurteilung des Wirkungsgeflechtes Pflanze-Boden-Wasserhaushalt.

### **Material und Methoden**

Die Daten für die Überprüfung der unterstellten Wirkungszusammenhänge wurden im Rahmen eines Feldversuches zur Wasserbilanz von Zwischenfrüchten im Versuchsjahr 2004/05 erhoben. Der Standort Hollabrunn zählt klimatisch zum semi-ariden, pannonischen Produktionsgebiet mit Jahresmitteltemperaturen von 9,4°C und mittleren Niederschlägen von 491 mm. Die Versuchsfläche ist ein kalkhaltiges Tschernosemkolluvium. Die Versuchsglieder sind vier Zwischenfrüchte (Phacelia, Winterwicke, Grünroggen, Senf) im Vergleich zu einer Schwarzbrache.

Die unterstellten Hypothesen über Wirkungen im Zwischenfruchtsystem auf die Wasseranteilsveränderung wurden anhand eines Pfaddiagramms dargestellt. Die untersuchten Pflanzenparameter waren die oberirdische Biomasse, Wurzeldurchmesser und -länge sowie die Bodenbedeckung. Die Biomasse wurde am Ende der Vegetationsperiode der Zwischenfrüchte im November 2004 erhoben. Die Bodenbedeckung wurde über Farbdiskriminanzanalyse von Digitalfotos mit dem Programm SigmaScan gemessen. Die Wurzelparameter wurden mittels der Software RhizoScan nach Auswaschung der Wurzeln ermittelt. Als bodenphysikalische Parameter wurden die Aggregatstabilität sowie die hydraulische Leitfähigkeit gemessen. Der Wasseranteil wurde über eine TDR-Rohrsonde erfasst.

Die statistische Bewertung des Pfadmodells und die Errechnung der Pfadkoeffizienten anhand der Beobachtungen erfolgten im Programm SAS mit der Prozedur CALIS (Covariance Analysis of Linear Structural Equations).

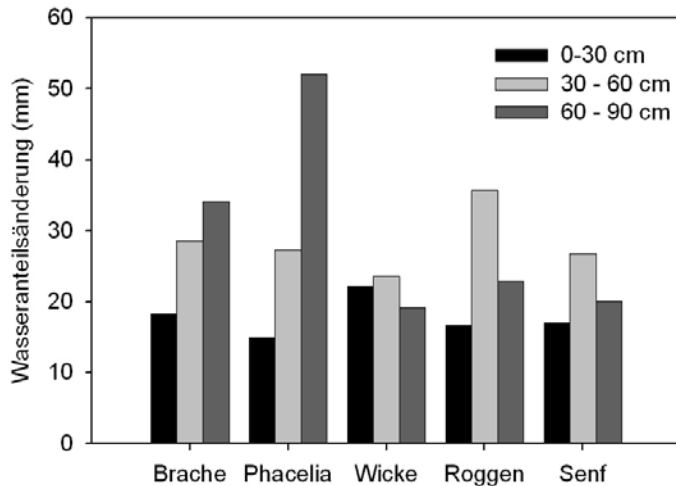
### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Änderungen im Wasseranteil zwischen dem Auflaufen der Zwischenfrüchte Anfang September 2004 und dem letzten Messtermin vor Umbruch im März 2005 ist in Abb. 1 dargestellt. Aufgrund geringer Zwischenfruchtaufwüchse (800 bis 1500 kg ha<sup>-1</sup>) sowie Niederschlagsmengen von 171 mm im beobachteten Zeitraum kam es zu einer Wasseranteilszunahme in allen Varianten. Statistisch signifikante Unterschiede konnten varianzanalytisch nicht festgestellt werden.

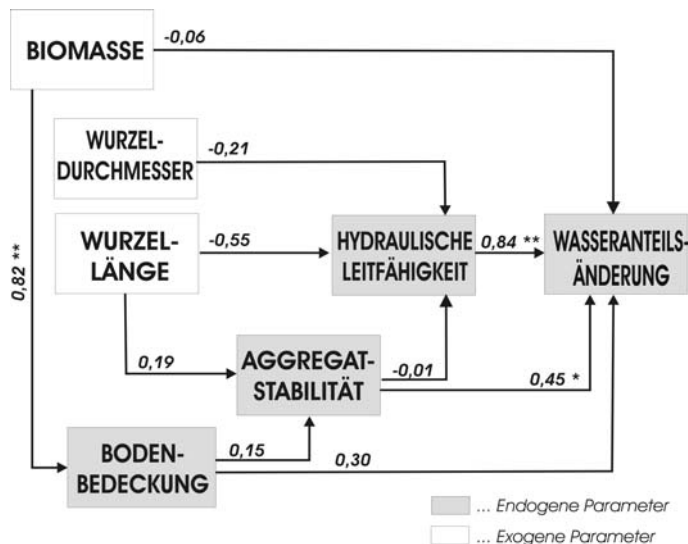
---

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

<sup>1</sup> Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 18, A-1190 Wien



**Abb. 1:** Wasseranteilsänderung zwischen 10. September 2004 und 1. März 2005



**Abb. 2:** Vollständiges Pfadmodell

90 cm war keiner der untersuchten Modellparameter signifikant. Bei Weglassen der nicht signifikanten Wirkungen reduziert sich das Pfadmodells auf ein multiples Regressionsmodell. Die Modellgüte des Pfadmodells zeigte einen Goodness of Fit Index von 0,79, das Regressionsmodell von 0,80.

Für die Prüfung komplexer Hypothesen über das System Boden-Pflanze-Wasser sind Strukturgleichungsmodelle eine interessante Methode. Für die Zwischenfruchtperiode 2004/05 konnte gezeigt werden, dass die direkten und indirekten pflanzlichen Einflüsse nur geringfügig die Unterschiede in der Wasseranteilsveränderung erklären. Bodenstrukturparameter zeigten sich als wichtigste Wirkungspfade. Untersuchungen pflanzlicher Einflüsse sollten daher besonders diese Parameter berücksichtigen.

**Literatur**

Joyce, B.A., W.W. Wallender, J.P. Mitchell, L.M. Huyck, S.R. Temple, P.N. Brostrom and T.C. Hsiao 2002: Infiltration and soil water storage under winter cover cropping in California's Sacramento Valley. Trans. ASAE 45: 315-326.

Im folgenden wurden die pflanzlichen und bodenphysikalischen Parameter auf ihre direkten und indirekten Wirkungen auf die Wasseranteilsveränderung untersucht. Abb. 2 zeigt das dabei unterstellte vollständige Modell, die für den Oberboden (0-30cm) errechneten Pfadkoeffizienten sowie deren Signifikanz im Modell. Es konnten nur direkte Wirkungen der bodenphysikalischen Parameter (gesättigte) hydraulische Leitfähigkeit und Aggregatstabilität nachgewiesen werden. Der Faktor Bodenbedeckung lag knapp unter der 5 % Signifikanzgrenze. Die ebenfalls geringfügig unter der Signifikanzgrenze liegenden negativen Koeffizienten der Wurzelparameter auf die Leitfähigkeit weisen auf die Möglichkeit der Verringerung des leitenden Porenraumes durch das Wurzelwachstum in den Porenkanälen hin. Für die Schicht von 30-60 cm (nicht dargestellt) zeigte sich auch eine signifikant negative direkte Wirkung des Biomasseaufwuchses. In 0-30 cm dagegen ist die Wirkung der Biomasse über die Bodenbedeckung stärker als die direkte negative Wirkung auf die Wasseranteilsänderung. In 60-



## **Einfluss differenzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag und Deckungsbeitrag von Zuckerrübe und Winterweizen**

Vera Hillebrand, Hermann Miller<sup>1</sup>, Jan Dieckmann & Heinz-Josef Koch

### **Einleitung**

Bereits Ende der 60er Jahre wurde in Deutschland mit ersten Dauerversuchen zur pfluglosen Bodenbearbeitung beim Anbau von Zuckerrüben begonnen (Baeumer und Pape 1972). Vorteilhaft gegenüber konventioneller Bodenbearbeitung sind einerseits ökologische Vorzüge konservierender Verfahren wie Erosionsschutz, Förderung des Bodenlebens und Stabilisierung des Bodengefüges. Weiterhin können sich deutliche ökonomische Effekte wie Einsparung von Maschinenkosten und Arbeitszeit sowie erheblich höhere Schlagkraft ergeben.

Um die Eignung verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren für eine nachhaltige Pflanzenproduktion zu prüfen, wurde seit Anfang der 90er Jahre vom Geschäftsbereich Landwirtschaft der Südzucker AG und dem Institut für Zuckerrübenforschung der Einfluss unterschiedlicher Verfahren der Bodenbearbeitung auf die Rentabilität einer Zuckerrübenfruchtfolge auf zehn Standorten in Süd- und Ostdeutschland untersucht.

### **Material und Methoden**

Die Untersuchungen wurden seit 1994 mit praxisüblicher Technik mit der Fruchtfolge Zuckerrübe (ZR) - Winterweizen (WW) - Winterweizen (WW) durchgeführt. Dabei wurden die Verfahren Pflug (30 cm tief), Locker (25-30 cm tief, nicht wendend gelockert), Mulch (max. 10-15 cm tief, mischend) und Direktsaat (keine Bodenbearbeitung, mit Ausnahme einer 2-3 cm flachen Saatbettbereitung zu Zuckerrübe) verglichen.

Der Versuch wurde als Blockanlage ohne Wiederholungen in Großparzellen (2,5-10 ha/Variante) angelegt. Dazu wurde an jedem Standort ein möglichst homogener Schlag in vier einzelne Parzellen geteilt. Jede dieser Parzellen wurde seit Versuchsbeginn als eigener Schlag in einer Ackerschlagkartei geführt, um so die Kosten für das jeweilige Bodenbearbeitungsverfahren zu erfassen. Dazu wurden alle Arbeitsgänge sowie die Aufwendungen an Saatgut, Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln festgehalten. Die ökonomische Auswertung wurde anhand der einheitlichen KTBL-Datensätze vorgenommen.

### **Ergebnisse und Diskussion**

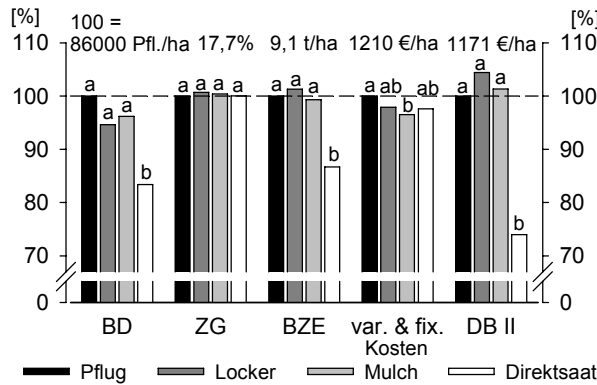
In den ersten Versuchsjahren (1994-1997) wurden Auswirkungen der Bodenbearbeitung auf pflanzenbauliche und ökonomische Parameter untersucht. Schwerpunkt des zweiten Projektabschnittes in den Jahren 1997-1999 war die Wirkung der Bodenbearbeitung auf ökologische Aspekte (Bodenerosion, Energiebilanz). In den Versuchsjahren 1999-2002 wurde die Wirkung der Bodenbearbeitung insbesondere das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen in Zuckerrübe und Winterweizen untersucht. Im vorläufig letzten Versuchsabschnitt 2003-2005 wurde die Auswirkung der Bodenstruktur auf das Wachstum von Zuckerrüben und den Bodenschutz näher betrachtet. Die Ertragsauswertung der Versuchsjahre 1994-2005 zeigte bei Zuckerrübe gleiche Erträge in den Verfahren Pflug, Locker und Mulch. Dagegen wurden in der Direktsaat 15 % Minderertrag festgestellt (Abb. 1). Den höchsten Vergleichs-

---

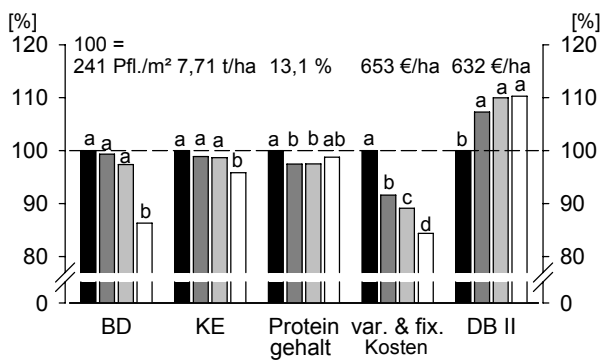
Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, 37079 Göttingen

<sup>1</sup> Südzucker AG, GB Landwirtschaft, Ludwig-Kayser-Straße, 74254 Offenau

deckungsbeitrag wiesen die Verfahren Locker und Mulch auf. Bei Getreide kam es zu gleichen Erträgen in den Verfahren Pflug, Locker und Mulch und nur zu 5 % Minderertrag im Verfahren Direktsaat (Abb. 2). Jedoch fanden sich die höchsten Vergleichsdeckungsbeiträge in den Verfahren Direktsaat und Mulch. Bei beiden Kulturen stiegen mit abnehmender Bearbeitungsintensität die Kosten für Pflanzenschutzmittel leicht an bei gleichzeitig deutlich reduzierten Kosten für Maschineneinsatz und Arbeitsleistung und somit sinkenden Gesamtkosten.



**Abb. 1:** Bestandesdichte (BD), Zuckergehalt (ZG), Bereinigter Zuckerertrag (BZE) und Rentabilität (Kosten, Deckungsbeitrag (DB) II) von Zuckerrübe bei langjährig differenzierter Bodenbearbeitung; 10 Standorte; 1994-2005; Pflug = 100; n = 32; unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (Tukey, p = 0,05)



**Abb. 2:** Bestandesdichte (BD), Kornertrag (KE), Qualität und Rentabilität (Kosten, Deckungsbeitrag (DB) II) von Winterweizen bei langjährig differenzierter Bodenbearbeitung; 10 Standorte; 1994-2005; Pflug = 100; n = 53; unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (Tukey, p = 0,05)

Die vorliegenden Ergebnisse aus dem Gemeinschaftsprojekt Bodenbearbeitung haben durch die Bewirtschaftung mit herkömmlichen Maschinen eine hohe Aussagekraft für die landwirtschaftliche Praxis. Neben arbeitswirtschaftlichen Vorteilen, die sich bei reduzierter Bodenbearbeitung ergeben, nehmen ökologische Vorteile immer mehr zu. Weiterhin sinkt die Verdichtungsempfindlichkeit der Böden und ihre Befahrbarkeit wird erhöht. Außerdem gewinnt auch die Kosteneinsparung pflugloser Bearbeitung immer mehr an Bedeutung. Während Winterweizen in der Praxis verstärkt pfluglos angebaut wird, kann nur konservierende Bodenbearbeitung, nicht jedoch Direktsaat, für den Anbau von Zuckerrüben als praxistauglich angesehen werden. Dabei muss deren konkrete Ausgestaltung und technische Optimierung angepasst an die Standortbedingungen (Boden, Klima) unter Berücksichtigung der Fruchtfolge geschehen.

### Danksagung

Diese Arbeit wurde vom Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Ochsenfurt unterstützt.

### Literatur

Baeumer, K. und G. Pape 1972: Ergebnisse und Aussichten des Anbaus von Zuckerrüben im Ackerbausystem ohne Bodenbearbeitung. Zuckerrübe 25: 711-718.

## **Wirkung des Anbaus von Zuckerrüben in Dämmen auf Pflanzenwachstum und Bodenstruktur unter norddeutschen Bedingungen**

Ulrike Krause<sup>1</sup>, Heinz-Josef Koch<sup>1</sup>, Gero Schlinker<sup>2</sup> & Georg Sander<sup>3</sup>

### **Einleitung**

In ersten Praxisvergleichen von Flach- zu Dammanbau von Zuckerrüben auf verschiedenen Standorten in Norddeutschland wurde bei optimalen Pflanzenbeständen ein Mehrertrag von bis zu 15 % erzielt. Ein höherer Ertrag der Zuckerrüben im Damm könnte durch eine schnellere Erwärmung des Saathorizonts im Damm und einer damit verbundenen beschleunigten Keimung, einem rascheren Feldaufgang und einer längeren Vegetationsperiode begründet sein. Die vergrößerte und günstiger gestaltete Bodenoberfläche im Damm könnte eine leichtere Durchwurzelbarkeit und eine intensivere Nährstoffversorgung ermöglichen und entscheidend zu einem Mehrertrag in der Jugendphase der Zuckerrübe bis zum Reihenschluss beitragen. Zur Absicherung der ersten Ergebnisse wurden 2005 weitere Praxisvergleiche auf Sand- und Lössböden im Raum Uelzen durchgeführt.

### **Material und Methoden**

Im Jahr 2005 wurde in 10 Streifenversuchen im Raum Uelzen das Anbauverfahren der Flachsaat in Form einer Mulchsaat dem Anbau von Zuckerrüben auf Dämmen gegenübergestellt. Die Dammformung und Aussaat erfolgte mittels zapfwellengetriebenem Zinkenrotor und nachlaufenden Dammformwalzen mit einer aufgesattelten 6-reihigen Zuckerrübendrillmaschine. Alle Maßnahmen der Bestandesführung wurden in den parallel angelegten Anbauvarianten gleich ausgeführt. Nach der Aussaat wurde in jeder Variante in 5 cm Tiefe ein Temperaturmessgerät installiert, um Temperaturunterschiede in den Damm- und Flachvarianten dokumentieren zu können. Zur Ernte wurden in allen Varianten Teilflächen von 8 m x 1,5 m in vierfacher Wiederholung beerntet. Erfasst wurden Rübenertrag, Zuckergehalt, K, Na und  $\alpha$ -AminoN. Der Bereinigte Zuckerertrag wurde nach Buchholz et al. (1995) berechnet. Ergebnisse aus dem Flachanbau wurden gleich 100 gesetzt, die Werte aus dem Dammanbau diesen gegenübergestellt und miteinander verglichen.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Temperaturen im Damm stiegen aufgrund der vergrößerten Bodenoberfläche am Tag stärker an als im Flachanbauverfahren (Abb. 1). Bis zu 5°C mehr wurden im Damm erreicht, was sich positiv auf die Bestandesetablierung und eine zügige Jugendentwicklung auswirkt (Boiffin et al., 1992). Die günstigeren Wachstumsbedingungen spiegeln sich im Rübenertrag und Bereinigten Zuckerertrag wieder. An allen Standorten wurden im Dammanbauverfahren höhere Erträge erzielt als in der konventionellen Flachsaat (Abb. 2). Der höchste Mehrertrag wurde mit einem um 8,7 % höheren Bereinigten Zuckerertrag am Standort Bargfeld erzielt, im

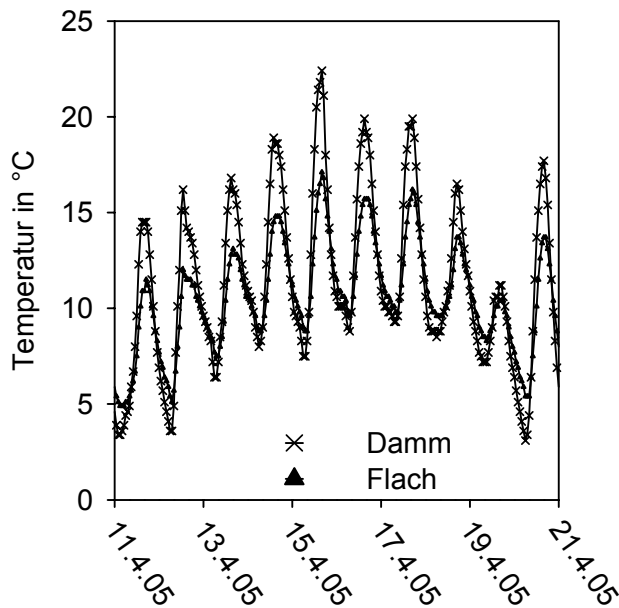
---

<sup>1</sup> Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, D-37079 Göttingen

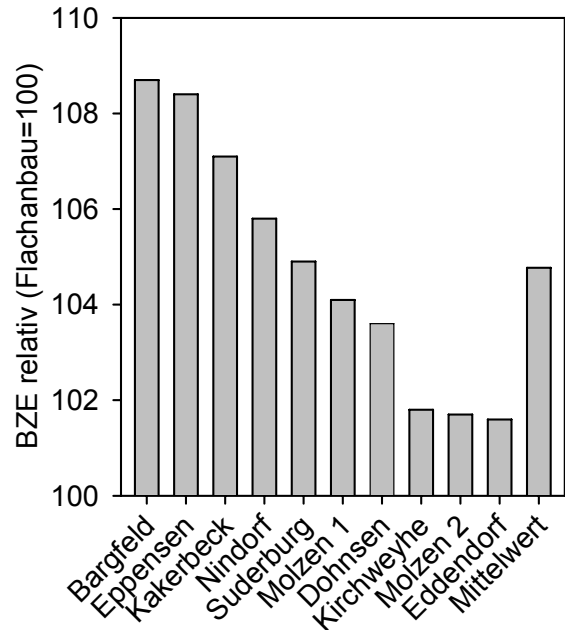
<sup>2</sup> ARGE NORD, Fabrikstraße 6, D-38159 Vechede

<sup>3</sup> Nordzucker AG, Werk Uelzen, An der Zuckerfabrik 1, D-29525 Uelzen

Mittel wurde ein Mehrertrag von 4,8 % im Dammanbau gegenüber dem Flächenbau erreicht.



**Abb. 1:**  
Bodentemperatur in 5 cm Tiefe am Standort Suderburg (Uelzen), Aussaat am 31.03.05



**Abb. 2:**  
Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Dammanbau an 10 Standorten in der Region Uelzen 2005

Die dargestellten Ergebnisse bestätigen, dass Mehrerträge durch den Zuckerrübenanbau im Damm möglich sind. Eine Bedeutung könnte dies für einen früheren Kampagnestart ohne Ertragseinbußen in zukünftig enger um die Zuckerfabriken liegenden Rübenanbaugebieten haben. Jedoch sind beim Damm- im Vergleich zum Flächenbau auch Mindererträge möglich, z. B. wenn der Damm nach der Dammformung rasch austrocknet und der Keimwasserbedarf nicht mehr gedeckt oder die Bestandesetablierung beeinträchtigt wird. Daher sind für die erfolgreiche Anwendung des Dammanbauverfahrens unter unterschiedlichen Bodenverhältnissen detaillierte Kenntnisse über erforderliche Anpassungen bei der Anbaugestaltung und die Reaktion des Pflanzenwachstums nötig. Untersuchungen hierzu werden derzeit in Zusammenarbeit mit der Nordzucker AG (Uelzen) und der ARGE Nord durchgeführt.

### Literatur

- Boiffin, J.; C. Durr; A. Fleury; A. Marin-Lafèche und I. Mailet 1992: Analysis of the variability of sugar beet (*Beta vulgaris* L) growth during the early stages. I. Influence of various conditions on crop establishment. *Agronomie* 12: 515-525.
- Buchholz, K.; B. Märländer; H. Puke; H. Glattkowski und K. Thielecke 1995: Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie* 120: 113-121.

## Einfluss der Fruchtfolge auf die Gestaltung des Anbaus von Zuckerrüben

Heinrich Reineke, Julia Fuchs & Nicol Stockfisch

### Einleitung

Zuckerrüben (ZR) werden mit Kartoffeln (K), Wintergerste (WG), Winterraps (WR) und Winterweizen (WW) in verschiedenen Fruchtfolgen kombiniert. Je nach Fruchtfolge können dabei direkte und indirekte Vorfruchteffekte auftreten (Baeumer 1994) und sich auf die Gestaltung des ZR-Anbaus auswirken. Im Folgenden werden Auswirkungen von drei schwerpunktmäßig in verschiedenen Regionen vorkommenden Fruchtfolgen auf Bodenbearbeitung, Düngung und Herbizideinsatz betrachtet.

### Material und Methoden

Im 1. Halbjahr 2006 wurden für das Verbundprojekt „Umweltwirkungen im Zuckerrübenanbau“ von etwa 100 landwirtschaftlichen Betrieben Daten zum Produktionsverfahren 2004 erhoben. Für bis zu 3 ZR-Schläge pro Betrieb wurde das Anbaumanagement erfasst. Zwischen den Betrieben bzw. Schlägen gab es Unterschiede beim Standort (Boden / Klima) und den Fruchtfolgen (Tab. 1): In Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern (mittlere Böden / mild-feucht) arbeiteten Landwirte meist mit einer 5- bis 6-feldrigen Fruchtfolge aus ZR, WW, WG und WR. In der Lüneburger Heide (leichtere Böden ± Beregnung / mittelfeucht-mittelwarm) gab es häufig 4-feldrige Fruchtfolgen aus ZR, WW und K. In den Börderegionen (bessere Böden / trockenwarm) wurden ZR oft mit WW und WG in einer 3- bis 4-feldrigen Folge kombiniert. Um die Auswirkungen der Fruchtfolge auf den ZR-Anbau zu betrachten, wurde die Intensität von Bodenbearbeitung, Düngung und Herbizideinsatz ermittelt. Die Intensität der Bodenbearbeitung wurde definiert durch die Anzahl der Bodenbearbeitungsgänge und durch die kumulierte Bearbeitungstiefe (= Summe über die Bearbeitungstiefen aller Bodenbearbeitungsgänge [cm]). Die Intensität der Düngung wurde an der Höhe der N-Düngung gemessen. Die Intensität des Herbizideinsatzes wurde durch die Wirkstoffmenge der Herbizide und durch die Anzahl der Behandlungen definiert.

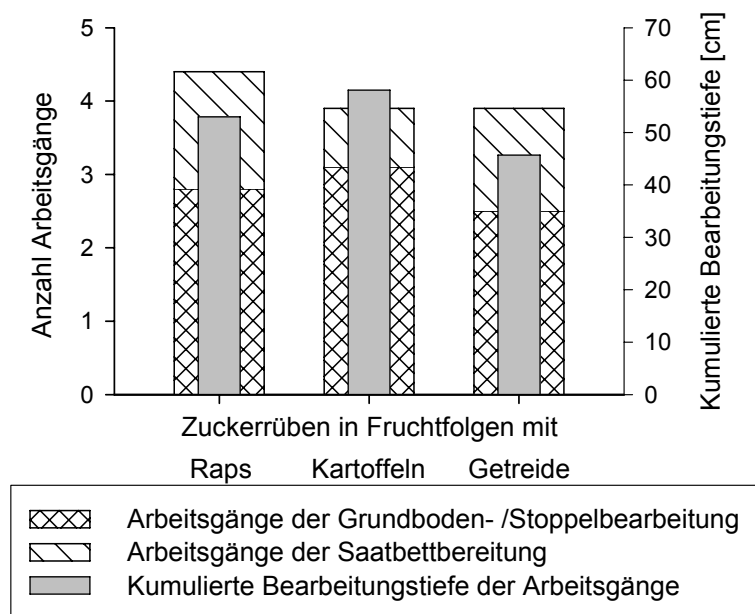
**Tab. 1:** Typische Fruchtfolgen (2000 - 2004) mit Zuckerrübenanbau in unterschiedlichen Anbauregionen (n = 20 Schläge)

Fruchtfolge mit	Region	2000	2001	2002	2003	2004
Raps	S.-Holstein / M.-Vorpommern	WG	WR	WW	WW	ZR
Kartoffeln	Lüneburger Heide	ZR	WW	K	WW	ZR
Getreide	Magd. und Hildesh. Börde	ZR	WW	WW	WG	ZR

K = Kartoffel, WG = Wintergerste, WR = Winterraps, WW = Winterweizen, ZR = Zuckerrübe

### Ergebnisse und Diskussion

Die *Bodenbearbeitung* zur ZR unterscheidet sich zwischen den Fruchtfolgen (Abb. 1): In ZR-WR-Getreide-Fruchtfolgen wurden im Mittel 4,4 Bodenbearbeitungsgänge durchgeführt. Die kumulierte Bearbeitungstiefe beträgt 53 cm. Im Vergleich zu den anderen Fruchtfolgen werden die Böden häufiger und flacher bearbeitet. Da Böden an den Standorten mit WR-Fruchtfolge nicht wassersparend bearbeitet werden müssen, ist eine mehrmalige Stoppelbearbeitung zur Bekämpfung von Ausfallraps üblich. Zur ZR-Aussaat ist oft mehr als eine Saatbettbereitung nötig.



**Abb. 1:** Anzahl der Bodenbearbeitungsgänge und kumulierte Bearbeitungstiefe bei Zuckerrüben in Fruchtfolgen mit Raps, Kartoffeln und Getreide (n = 20 Schläge)

In der ZR-K-Getreide-Fruchtfolge kommt es durchschnittlich zu 3,9 Bearbeitungsgängen mit einer kumulierten Bearbeitungstiefe von 58 cm. Die Böden werden seltener, aber tiefer bearbeitet. An den leichteren Standorten wird so eine Dichtlagerung des Bodens vermieden und ein Saatbett für die häufige Zwischenfrucht Ölrettich geschaffen. Die ZR-Aussaart erfolgt oft ohne Saatbettbereitung in die Frühjahrsfurche, um Winderosion zu vermeiden. In ZR-Getreide-Fruchtfolgen erfolgen 3,9 Arbeitsgänge bei einer kumulierten Bearbeitungstiefe von 46 cm. Die Bodenbearbeitung ist extensiver als in anderen

Fruchtfolgen. An trockenen und schwereren Bördestandorten der getreidebetonten Fruchtfolge werden so Wasser und Kosten gespart. Vor der Aussaat ist aber eine 1- bis 2-fache Saatbettbereitung notwendig. Insgesamt hängt die Bodenbearbeitungsintensität zur ZR damit v.a. vom Standort ab. Vorfrüchte wie Raps oder Zwischenfruchtanbau beeinflussen jedoch auch die Intensität.

Die *Düngung* zur ZR erfolgt mineralisch und z.T. auch organisch. In ZR-K-Getreide-Fruchtfolgen ist die N-Düngung höher als in den übrigen, weil die Landwirte beim hier stark verbreiteten Zwischenfruchtanbau den N-Bedarf vermutlich höher einschätzen.

Beim *Herbizideinsatz* ist die Wirkstoffmenge in ZR-K-Getreide-Fruchtfolgen geringer als in den anderen. In Fruchtfolgen mit WR erfolgen zur ZR 0,5 Herbizidbehandlungen mehr als in ZR-Getreide-Fruchtfolgen, im Vergleich zur Fruchtfolge mit K ist es eine Behandlung mehr. Der Herbizideinsatz in ZR wird so wahrscheinlich durch das Verhältnis von Winter- und Sommerungen und die Bodenbearbeitung in der Fruchtfolge sowie von der Durchwuchsneigung der Vorfrüchte beeinflusst.

Bodenbearbeitung, Düngung und Herbizideinsatz bei ZR erfolgen auf Schlägen mit gleicher Fruchtfolge ähnlich und entsprechen unter Berücksichtigung von geographischen Schwerpunkten dieser Fruchtfolgen etwa den Ergebnissen einer Umfrage von Merkes et al. (2002). Da sich das Anbaumanagement in erster Linie an standortspezifischen Voraussetzungen orientiert, hat die Fruchtfolge damit zumindest teilweise Einfluss auf die Gestaltung des ZR-Anbaus.

Die für diesen Beitrag verwendeten Daten sollen später mit Umweltindikatoren und Öko-Effizienzkriterien näher auf ihre Umweltwirkungen untersucht werden.

## Literatur

- Baeumer, K. (1992): Gestaltung der Fruchtfolge. In: Diercks, R. & R. Heitefuss (Hrsg.): Integrierter Landbau. Systeme umweltbewußter Pflanzenproduktion. Grundlagen. Praxiserfahrungen. Entwicklungen. – BLV Verlagsgesellschaft, München, 110-135.
- Merkes, R., H. Coenen, F. Hesse & G. Schütz (2003): Stand der Produktionstechnik zu Zuckerrüben – Ergebnisse der Umfrage 2002. Zuckerindustrie 128, 425-433.

## Einfluss wiederholter Befahrung mit schweren landwirtschaftlichen Maschinen auf Bodenstruktur und Zuckerrübenwachstum bei langjährig differenzierter Bodenbearbeitung

Henning Heuer, Olga Tomanová & Heinz-Josef Koch

### Einleitung

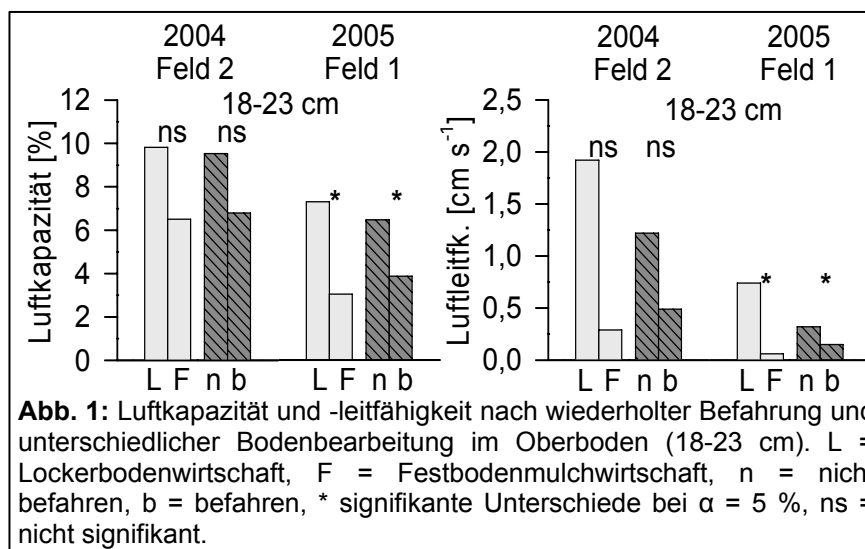
Infolge einer stetigen Entwicklung zu schwereren Maschinen in der Landwirtschaft ist das Risiko von Bodenschadverdichtungen insbesondere im Unterboden angestiegen. Frühere Untersuchungen zeigten, dass eine einmalige Befahrung mit einer schweren Maschine die Struktur des Unterbodens in der Regel nur geringfügig verändert (z.B. Arvidsson 2001). Um den Einfluss wiederholter Befahrung mit einem Zuckerrübenroder (KRB 6) zu quantifizieren, wurden in einem Projekt Kenngrößen der Bodenstruktur und des Zuckerrübenwachstums bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung (BB) untersucht.

### Material und Methoden

Vor Versuchsbeginn wurde der Standort (lössbürtige Parabraunerde) langjährig bis 30 cm tief gepflügt (L = Lockerbodenwirtschaft). Seit 1992 wurde die BB differenziert in die Verfahren L und F (Festbodenmulchwirtschaft = Grubber 10 cm tief). Der Versuch war auf 3 benachbarten Feldern jeweils als Spaltanlage mit 4 Wiederholungen angelegt. Im Oktober 2001 wurde auf Feld 2 jede Parzelle zur Hälfte einmalig Spur an Spur mit einem KRB 6 (7-9 Mg Radlast) befahren. Als Kontrolle diente eine nicht befahrene Variante. Die Belastung mit dem KRB 6 erfolgte zusätzlich zu den üblichen Bewirtschaftungsmaßnahmen mit leichten Versuchsmaschinen, die in der Fruchtfolge Zuckerrübe-Getreide-Getreide eingesetzt wurden. Im November 2002 und 2003 wurde auf Feld 2 die Befahrung mit dem KRB 6 wiederholt. Auf Feld 1 begannen die Befahrungen in 2002 und wurden 2003 bzw. 2004 wiederholt. Zum Zeitpunkt der jährlichen Befahrungen auf Feld 1 bzw. 2 war die Bodenfeuchte entweder 100 % Feldkapazität (in 2 Jahren) oder weniger als 70 % Feldkapazität (in 1 Jahr). Im Frühjahr 2004 (Feld 2) und 2005 (Feld 1), nach dreimaliger Befahrung mit dem KRB 6, wurden Bodenstruktur und Zuckerrübenwachstum untersucht.

### Ergebnisse und Diskussion

In 18-23 cm Tiefe waren im Mittel der Befahrung Luftkapazität (LK) und -leitfähigkeit (LL) im Verfahren L höher als in F (Abb. 1). Unabhängig von der BB waren nach Befahrung auf beiden Feldern LK und LL deutlich verringert. Dieser Effekt war auf



**Abb. 1:** Luftkapazität und -leitfähigkeit nach wiederholter Befahrung und unterschiedlicher Bodenbearbeitung im Oberboden (18-23 cm). L = Lockerbodenwirtschaft, F = Festbodenmulchwirtschaft, n = nicht befahren, b = befahren, \* signifikante Unterschiede bei  $\alpha = 5\%$ , ns = nicht signifikant.

Feld 1 signifikant. In der Tiefe 40-45 cm war der Einfluss der BB auf die LK im Mittel der Befahrung gering (Abb. 2). Auf Feld 1 war die LL signifikant höher im Verfahren F als in L. Im Mittel der BB waren nach Befahrung auf beiden Feldern LK und LL signifikant verringert.

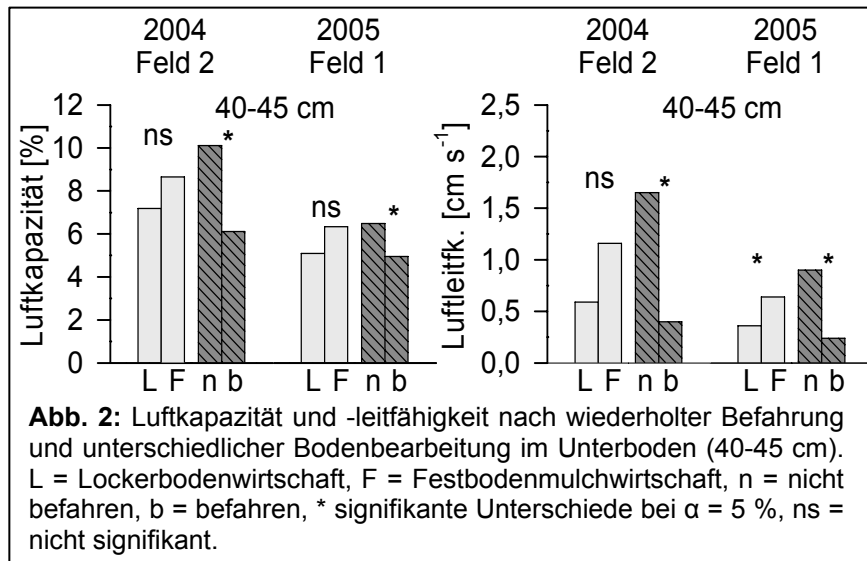


Abb. 2: Luftkapazität und -leitfähigkeit nach wiederholter Befahrung und unterschiedlicher Bodenbearbeitung im Unterboden (40-45 cm). L = Lockerbodenwirtschaft, F = Festbodenmulchwirtschaft, n = nicht befahren, b = befahren, \* signifikante Unterschiede bei  $\alpha = 5\%$ , ns = nicht signifikant.

der Tiefe 15-30 cm und der Bereinigte Zuckerertrag (BZE) beeinträchtigt (Abb. 3). Ein Einfluss der Befahrung auf WLD und BZE war nicht zu erkennen. Wechselwirkungen lagen nicht vor.

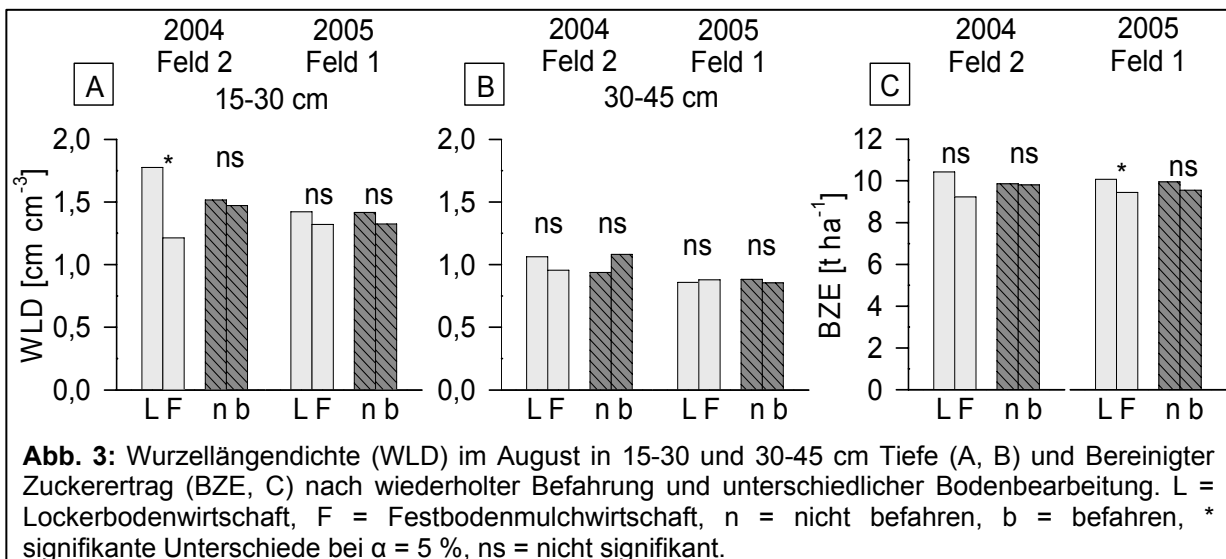


Abb. 3: Wurzellängendichte (WLD) im August in 15-30 und 30-45 cm Tiefe (A, B) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE, C) nach wiederholter Befahrung und unterschiedlicher Bodenbearbeitung. L = Lockerbodenwirtschaft, F = Festbodenmulchwirtschaft, n = nicht befahren, b = befahren, \* signifikante Unterschiede bei  $\alpha = 5\%$ , ns = nicht signifikant.

Wiederholte Befahrung mit einem schweren Zuckerrübenroder bei feuchten Bodenverhältnissen hatte eine Veränderung der Unterbodenstruktur zur Folge, die sich jedoch nicht auf den Ertrag nachfolgender Zuckerrüben auswirkte. Demgegenüber führte extrem reduzierte BB zu einem Minderertrag. Trotz der deutlich höheren Festigkeit der ehemals bearbeiteten Krume stellte sie keine Vorsorgemaßnahme dar, die die Struktur des Unterbodens vor mechanischer Überbelastung schützen konnte.

## Literatur

Arvidsson, J. 2001: Subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden I. Soil physical properties and crop yield in six field experiments. Soil Tillage Res. 60, 67-78.



## Tiefenlage und Überdauerung von Rapssamen (*Brassica napus* L.)

Sabine Gruber & Wilhelm Claupein

### Einleitung

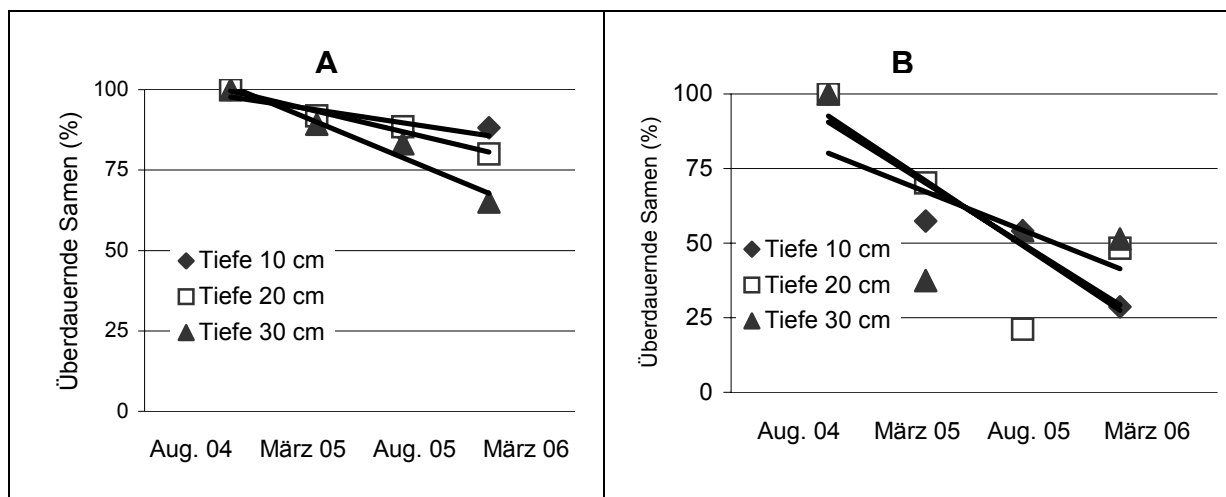
Die Überdauerungsfähigkeit von Rapssamen aus Ausfallraps im Boden beträgt mehrere Jahre. Eine erfolgreiche Keimung und Etablierung von Durchwuchsraps wird jedoch in erster Linie nur aus solchen Samen erfolgen, die sich in oberflächennahen Bodenschichten befinden. Weiterhin lässt sich postulieren, dass die Tiefenlage der Samen auf Grund der im jeweiligen Bodenhorizont herrschenden Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse Einfluss auf die Induktion von Dormanz bzw. Überdauerungsfähigkeit und auch auf die spätere Brechung von Dormanz nimmt. Diese Tiefenlage der Samen ist eng verknüpft mit der Art und Intensität der Bodenbearbeitung. Aus Untersuchungen zur genotypischen Variation der Dormanz und Überdauerungsfähigkeit von Rapssamen geht hervor, dass sowohl Sorten mit geringer als auch Sorten mit hoher Überdauerungsneigung der Samen im Anbau sind (Gruber et al., 2004). Beide Aspekte, die umweltinduzierte und die genotypische Überdauerungsfähigkeit von Rapssamen sollten in einem Versuchsansatz mit Modellcharakter kombiniert werden. In dem langjährig angelegten Experiment wurde daher geprüft, in welchem Ausmaß Samen einer hoch dormanten und einer gering dormanten Winterrapssorte in drei verschiedenen Bodentiefen überdauern. Die erwarteten Ergebnisse sollen Rückschlüsse auf eine Quantifizierung und Steuerung von Samenverlusten und Samenüberdauerung im Boden ermöglichen. Der Beitrag stellt erste Ergebnisse des Langzeitversuchs dar.

### Material und Methoden

Im August 2004 wurden Rapssamen der Sorten Express (gering dormant) und Smart (hoch dormant) in 10, 20 und 30 cm Bodentiefe vergraben. Die Samen waren zu je 500 Stück in Gardinenstoff eingenäht und zur Sicherung vor Fraß zwischen jeweils zwei grob perforierte, stabile Kunststoffplatten (Wasserpflanzentöpfe) gelegt. Der Zutritt von Feuchtigkeit, Luft und Licht war gewährleistet. Die Samen wurden in Tiefen von 10, 20 und 30 cm abgelegt, um verschiedene Bearbeitungstiefen zu simulieren. Zur Sicherstellung dormanzinduzierender Bedingungen wurde die Fläche vier Wochen vor dem Eingraben und zwei Wochen danach mit einem Regendach vor Niederschlägen geschützt. Zum Zeitpunkt des Eingrabens betrug die Bodenfeuchte in Gewichtsprozent 17,8 % (0-10 cm), 16,0 % (10-20 cm) und 10,5 % (20-30 cm). Der Versuch ist dreifaktoriell mit den Faktoren Vergrabungstiefe (drei Stufen), Sorten (zwei Stufen) und Entnahmeterrmin (sechs Stufen) in vier Wiederholungen angelegt. Die Entnahme der Samen erfolgte jeweils zu Vegetationsbeginn und im Hochsommer, d.h. im März 2005, im August 2005 und im März 2006. Drei weitere Entnahmetermine sind vorgesehen. Die entnommenen Samen wurden einem Keimtest auf Petrischalen unter Lichteinwirkung unterzogen. Nach 14 Tagen im Keimtest wurden die bis dahin ungekeimten Samen sieben Tage einer Behandlung mit wechselnden Temperatur- und Lichtverhältnissen unterzogen (Licht/Dunkel; 30°C/3°C; 12 h/12 h), um Dormanz zu brechen. Für die spätere Auswertung nur die keimfähigen Samen zu den überdauerungsfähigen Samen gerechnet.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Sorten Smart und Express unterschieden sich in ihrem Überdauerungsvermögen. Während bei Smart nach einem halben Jahr noch rund 90% aller Samen vorhanden und keimfähig waren, hatten von der Sorte Express je nach Bodentiefe nur zwischen 40 und 70% überdauert (Abb. 1).



**Abb. 1:** Anteil im Boden überdauernder Samen der hoch dormanten Winterrapssorte Smart (A) und der gering dormanten Winterrapssorte Express (B) über 19 Monate nach gezieltem Vergraben in drei Bodentiefen; A:  $R^2$  10 cm: 0.78; 20 cm: 0.98; 30 cm: 0.98; B:  $R^2$  10 cm: 0.90; 20 cm: 0.62; 30 cm: 0.38

Bei den folgenden Probenahmeterminen zeigte sich bei Smart ein weiterer leichter Rückgang der überdauernden Samen in allen Bodenschichten um maximal 30 %. Bei Express traten mit bis zu 75 % insgesamt größere Samenverluste als bei Smart auf. Arbeiten von Lutman et al. (2003) mit Rapssamen, die einheitlich in einer Tiefe von rund 15 cm vergraben worden waren, zeigten, dass eine Reduktion der Samenmenge vor allem in den ersten 6 Monaten erfolgte. Dieser Trend ließ sich in der vorliegenden Studie nicht beobachten. Die stärkste Abnahme der Samenmenge erfolgte bei der hoch dormanten Smart in der unteren Bodenschicht von 30 cm. Diese Beobachtung bestätigte sich jedoch bei der gering dormanten Sorte Express nicht. Eine deutliche Aussage über Samenverluste oder Überdauerungsfähigkeit als Effekt der Ablagetiefe ist aus den vorliegenden Ergebnissen bisher nicht zu treffen. Die Ergebnisse bestätigen jedoch wiederholt und klar den Einfluss des Genotyps auf die Überdauerungsfähigkeit von Rapssamen unter Freilandbedingungen (Gruber et al. (2004). Im weiteren Verlauf des Langzeitversuchs ist geplant, die Entnahmeterminen auf einen jährlichen Abstand zu verlängern, um eine postulierte, stärkere Differenzierung der Versuchsvarianten im Zeitverlauf zu erfassen.

## Literatur

- Gruber, S., Pekrun, C., Clupein, W., 2004. Seed persistence of oilseed rape (*Brassica napus*): variation in transgenic and conventionally bred cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 142, 29-40.
- Lutman, P.J.W., Freeman, S.E, Pekrun, C. 2003. The long-term persistence of oilseed rape (*Brassica napus*) in arable fields. *Journal of Agricultural Science*, 141, 231-240.

## **Analyse der Beziehungen zwischen dem Ölertrag und den Ertragskomponenten beim Raps (*Brassica napus* L.)**

Rahim Honarnejad, Farangis Inanlu, Bahman Pasban-Islam<sup>1</sup> & Habibollah Samizadeh

### **Einleitung**

Mit der jährlichen Produktion von etwa 400.000 Tonnen Ölsaaten im Iran wird der Bedarf an Pflanzenölen größtenteils durch Importe gedeckt (Anonymus, 2003). Damit ist die Produktionssteigerung von Ölpflanzen zur Deckung des Bedarfes an pflanzlichen Ölen von großer Bedeutung.

Da im Iran große landwirtschaftliche Nutzflächen in Gegenden liegen, die einen kalten Winter haben (Kardovani, 1992), ist die Untersuchung und Identifizierung von anpassungsfähigen Rapsgenotypen für solche Gebiete von großer Notwendigkeit.

Hinsichtlich der Ertragskomponenten Anzahl der Schoten pro Pflanze und Körner pro Schote und in Anbetracht der Tatsache, dass zwischen dem Kornertrag pro Pflanze und der Anzahl der Schoten pro Pflanze eine positive und signifikante Korrelation besteht, kann man mit züchterischen Maßnahmen den Kornertrag steigern. Allerdings werden diese Ertragskomponenten auch von Umweltbedingungen beeinflusst (Ahmadi, 1995).

Insgesamt sind für den Erfolg der züchterischen Massnahmen die Identifikation von agronomischen und morphologischen Eigenschaften und Merkmale, die eine hohe Korrelationen mit dem Kornertrag und Ölgehalt aufweisen, maßgebend. Von solchen Eigenschaften wird in diesen Untersuchungen für die Gruppierungen der Rapsgeotypen Gebrauch gemacht.

### **Material und Methoden**

Die Untersuchungen wurden in der Vegetationsperiode 2003-2004 in der landwirtschaftlichen Forschungsstation der Provinz Ostazarbayjans in der Stadt Tabriz im Nordwesten des Irans durchgeführt. 23 neue Winterrapsorten wurden am 07. Sept. in einer Blockanlage mit vier Wiederholungen angebaut. Der Ölgehalt (%) der Rapskörner wurde nach NMR-Methode und mit dem Gerät H20-18-25A (Broker, Germany) gemessen. Die Path-Koeffizient-Analyse wurde nach Dewy and Lu (1959) durchgeführt. Für die Faktor- und Clusteranalyse wurden die von Lozan und Kausch (1998) sowie die nach Timischl (2000) beschriebenen Methoden herangezogen. Die Indexe ( $I = x*b$ ) für die Selektion der ertragreichsten Rapsgeotypen wurden mit der Formel  $b = P^{-1}*G*a$  und nach der Methode von Baker (1986) ermittelt. Für die Varianzanalyse sowie multivariate Statistik wurde die Software MSTATC, SPSS und MATLAB herangezogen.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Ergebnisse der Varianzanalyse der Merkmale der Rapsgeotypen zeigten, dass hinsichtlich der Eigenschaften, wie Stängeldurchmesser (mm) beim Sinken der mittleren Tagestemperatur zum Nullpunkt der Rapspflanze (5° C), Anzahl der Schoten pro Pflanze, TKG (g) und Kornertrag (kg/ha) sowie Prozent des Ölgehalts der Körner signifikante Differenzen vorhanden sind. Bei den untersuchten Genotypen war Dexter mit einem Stängeldurchmesser von 5.7 mm und Ebonite mit 4.4 mm

---

College of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran. (Email: [r\\_honarnejad@yahoo.com](mailto:r_honarnejad@yahoo.com))

<sup>1</sup> Agricultural Research Station, Tabriz, Iran

dickste bzw. dünnste Pflanze und die anderen Genotypen hatten mehr oder weniger ausreichende Stängeldurchmesser.

Des Weiteren hatten die meisten Genotypen zu diesem Zeitpunkt eine ausreichende Blätteranzahl. Allerdings hatte ARC-2 mit durchschnittlich 3.75 Blättern pro Pflanze den niedrigsten Wert.

### **Korrelationsanalyse:**

Zwischen dem Ölertrag und Kornertrag (0.988\*\*), dem Ernteindex (0.753\*\*), sowie % Ölgehalt der Körner (0.507\*) sind positive und signifikante Korrelationen festzustellen.

Wenn der Ölertrag (kg/ha) als abhängige Variable und die Ertragskomponenten (Kornertrag, Ernteindex sowie % Ölgehalt der Körner) als unabhängige Variable betrachtet werden, kann man folgende lineare Gleichung angeben:

$Y$  (Ölertrag kg/ha) =  $-1.871 + 0.478$  (Kornertrag)  $- 0.158$  (Ernteindex)  $+ 0.040$  (% Ölgehalt der Körner), wobei diese 3 Ertragskomponenten 99.9% der Schwankungen des Ölgehalts der Körner erklären können ( $R^2 = 0.999$ ).

### **Path-Koeffizient-Analyse:**

Aufgrund der angegebenen Korrelationen wurde eine Path-Koeffizient-Analyse durchgeführt. Dabei wurden die vorhandenen Korrelationen zwischen dem Ölertrag (kg/ha) und den genannten Ertragskomponenten in direkte und indirekte Einflüsse zerlegt. Der Kornertrag (kg/ha) hat einen starken und direkten Einfluss auf den Ölertrag der Körner und die indirekten Einflüsse über andere Merkmale sind unwesentlich. Der direkte Einfluss von Ernteindex auf den Ölertrag ist negativ und gering. Die vorhandene Korrelation zwischen dem Ölertrag (kg/ha) und Ernteindex kommt vielmehr indirekt über den Kornertrag zustande. Der direkte Einfluss vom % Ölgehalt der Körner auf den Ölertrag (kg/ha) ist nicht wesentlich, der indirekte Einfluss dieses Parameters auf den Ölertrag kommt vielmehr über das Merkmal Kornertrag (kg/ha) zustande.

### **Cluster-Analyse:**

Nach einem Schnitt bei 10 Einheiten (Abb. nicht wiedergegeben) ergaben sich 3 große Cluster für die untersuchten Genotypen. Die Genotypen Modena, Dexter und Syn-4 waren hinsichtlich des Ölertrages (2429.7, 2464.7 und 2224.5 kg/ha) in einem Cluster zusammengefasst. Diese Genotypen waren ebenfalls mit 5006, 5172 und 4776 kg/ha Kornertrag die ertragreichsten Sorten. Die Genotypen Milena (2017.2 kg/ha), Elvice (2021.5 kg/ha), Elite (2010.5 kg/ha), Okapi (2004.2 kg/ha) sowie ARC-4 (2038.0 kg/ha) bildeten hinsichtlich des Ölertrages den 2. ertragreichsten Cluster. Diese Genotypen hatten ebenfalls relativ hohe Kornerträge (4276.0, 4378.0, 4399.0, 4181.0 und 4427.0 kg/ha Kornertrag).

### **Literatur**

- Ahmadi, M.R. 1995. Botanische Besonderheiten und manche agronomische Anbauprobleme beim Raps. Zeitschrift Zeytun 104 (persisch).
- Anonymus. 2003. Vorstellung des Laboratoriums für analytische Chemie. Abteilung für Ölpflanzenforschung. Institut für Pflanzenzüchtung. Karaj, Iran (persisch).
- Baker, R.J. 1986. Selection indices in plant breeding. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- Behmaram, R. and Faragi, A. 2002. Varianzanalyse von Rapsorten und Untersuchung der den Ertrag bestimmenden Eigenschaften mit der Methode der Multivariate Regression und Path-Analyse. 7. Iranischer Kongress für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Karaj, Iran (persisch).

## **Beurteilung des Systems der „halboffenen Weidelandschaft“ aus landwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Sicht**

Matthias Dietze, Renate Bockholt & Lisa Dittmann

### **Einleitung**

Das Leitbild „halboffenen Weidelandschaft“ definiert REISINGER (1999) als „Offenhaltung der Landschaft durch naturnahe, ganzjährige Beweidung zur Sicherung natürlicher Prozesse in Anwesenheit von wirtschaftlich nutzbaren, großen Herbivoren“. Das Ziel dieser Methode des Offenlandmanagements ist Artenreichtum durch stochastische und dynamische Prozesse. Als wissenschaftliche Grundlage dient dem Prozessschutz das „Mosaik-Zyklus-Konzept“ (REMMERT, 1991).

Ein ca. 50 ha großes Teilgebiet des NSG Bockhorst bei Güstrow wird seit 2002 mit Heckrindern und Konikpferden (Besatzdichte von 0,3 GV/ha) ganzjährig beweidet. An Hand einer umfassenden Vegetationskartierung und von ethologischen Untersuchungen soll eine Beurteilung des Systems der „halboffenen Weidelandschaft“ auf der Grundlage landwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Kennzahlen am diesem Beispiel erfolgen.

### **Material und Methoden**

Eine Flächenanteilsschätzung der Arten wurde an 209 gleichmäßig im Gelände verteilten Punkten vorgenommen. Neben der Ableitung ökologischer und naturschutzfachlicher Kennzahlen wurden neun Dominanzgesellschaften durch eine Clusteranalyse ermittelt (siehe Tabelle 1).

Die Verhaltensweisen Stehen, Liegen, Fressen und Aktivität wurden nach der „Time-Sampling-Methode“ erfasst und konnten durch eine Koordinatenbestimmung ebenso wie das zusätzlich dokumentierte Abkoten räumlich zugeordnet werden.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Der Tabelle 1 sind die Dominanzgesellschaften, ihre Häufigkeit - ausgezählt am Punktraster - sowie die Anzahl, der mittlere Deckungsgrad und die Stetigkeit der Leitpflanzen innerhalb der Dominanzgesellschaft zu entnehmen. Des Weiteren wurde die Futterwertzahl, die Feuchtezahl, die mittlere Artenzahl pro Vegetationsaufnahme und die Artenzahl aller der jeweiligen Dominanzgesellschaft zugeordneten Vegetationsaufnahmen dargestellt.

Aus landwirtschaftlicher Sicht wird die Futterwertzahl (KLAPP et al., 1953) als maßgebende Wertzahl zur Beurteilung der Pflanzenbestände herangezogen. Die Dominanzgesellschaft Knaulgras/Rot-Straußgras weist mit 4,6 die höchste Wertzahl auf (Skala von -1 bis 8), macht allerdings nur vier Prozent der Fläche aus. Mit etwa 20 % Flächenanteil und einer Futterwertzahl von 3,7 müssen die Pflanzenbestände der Dominanzgesellschaft Rot-Schwingel/Rot-Straußgras zu den relativ besseren Futterflächen gerechnet werden. Die Pflanzenbestände der übrigen Dominanzgesellschaften mit einem Flächenanteil von ca. 75 % sind aus landwirtschaftlicher Sicht wertlos. Auch wenn bei dem System der „halboffenen Weidelandschaft“ naturschutzfachliche Ziele im Vordergrund stehen, müssen die Ansprüche der Weidetiere an die Futterqualität berücksichtigt werden.

**Tabelle 1: Dominanzgesellschaften und Kennzahlen**

Cluster	Fläche ha	Mächtigkeit %	Stetigkeit %	FWZ*	FZ*	Artenzahl /25m <sup>2</sup>	Artenzahl ges.	Kräuter/Legum. %
Rohr-Glanzgras Sumpf-Reitgras	8,00	18,1 12,7	90,6 87,5	2,2	8	18,7	87	63,08
Blaugrüne Segge Sumpf-Segge	1,25	70,0 19,0	100,0 100,0	2,1	6,8	3,2	4	0,0
Rasen-Schmiele Schilf	0,25	80,0 5,0	100,0 100,0	2,8	7,2	10,0	10	70,0
Land-Reitgras Rot-Schwingel Rot-Straußgras	17,75	30,5 13,3 6,3	100,0 90,1 80,3	3	5,9	19,7	120	65,62
Knautgras Rot-Straußgras	2,00	25,0 14,4	100,0 87,5	4,6	5,6	16,8	30	65,94
Rot-Schwingel Rot-Straußgras	11,25	16,8 16,7	93,3 95,6	3,7	5,5	21,0	110	68,55
Land-Reitgras Rot-Schwingel	5,25	67,1 5,5	100,0 76,2	2,2	5,7	11,7	73	47,5
Sumpf-Reitgras Schilf	5,25	31,9 8,1	100,0 57,1	1,7	7,8	21,9	85	70,36
Schilf Rohr-Glanzgras	1,25	78,0 5,2	100,0 100,0	2,0	9,6	10,2	24	54,67

\*FWZ=Futterwertzahl; FZ=Feuchtezahl (ELLENBERG, 1979)

Insgesamt wurden im beweideten Teil des NSG 160 Pflanzenarten, davon 30 gefährdete Arten nachgewiesen. Mit der Gelb-Segge (*Carex flava flava*), der Sumpfschafgarbe (*Achillea ptarmica*), dem Breitblättrigen Knabenkraut (*Dactylorhiza majalis*) und der Kümmel-Silge (*Selium Carvifolia*) können an dieser Stelle nur einige genannt werden. Für die naturschutzfachliche Bewertung ist die Artenzahl bzw. die mittlere Artenzahl der Vegetationsaufnahmen ausgewiesen. Auffällig ist, dass auf den Flächen, wo auf Grund der Futterwertzahlen eine intensivere Beweidung beobachtet wurde, die mittleren Artenzahlen vergleichbar hoch liegen. Dort wo für einzelne Arten hohe mittlere Deckungsgrade bestimmt wurden, ist die mittlere Artenzahl gering. Pflanzen mit hohen mittleren Anteilen innerhalb der Dominanzgesellschaften sind Schilf (*Phragmites australis*), Blaugrüne Segge (*Carex flacca*), Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*) und das Land-Reitgras (*Calamagrostis epigejos*). Die Ausbreitung des Landreitgrases ist aus landwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Sicht problematisch. Einerseits ist der Futterwert schlecht, zum anderen ist das C/N-Verhältniss der überständigen Pflanzenreste so weit, dass sich Streuschichten bilden, die bei dichten *Calamagrostis*-Beständen den Aufwuchs von Keimlingen und den Neuaustrieb konkurrierender Pflanzen behindert (REBELE, 1996).

### Literatur

- Klapp, E., P. Boeker, F. König & A. Stählin (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen, Verlag Schaper, Hannover.
- Ellenberg, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica 9, 1-122. 2. Aufl.
- Rebele, F. (1996): Konkurrenz und Koexistenz bei ausdauernden Ruderalpflanzen, Hamburg
- Reisinger, E. (1999): Großräumige Beweidung mit großen Pflanzenfressern eine Chance für den Naturschutz, Natur- und Kulturlandschaft, Höxter/Jena Bd. 3, S. 244-254.
- Remmert, H. (1991): The Mosaic-Cycle Concept of Ecosystems. -Ecol. Studies 122: 1, 53-172.

## Vergleich der botanischen Vielfalt nach 10-jähriger Offenhaltung und teilweiser Beweidung im NSG Güstrow-Bockhorst

Lisa Dittmann & Renate Bockholt

### Einleitung

Das Gebiet des Großen Bockhorstes (nährstoffarmer Trockenstandort) und der Deip Wisch (Feuchtgebiet) wurde im Jahre 1994 zum Naturschutzgebiet NSG "Bockhorst" (Abb.1) erklärt. 1996 erstellte die BIOTA-GmbH Güstrow (1996) auf der Grundlage von Bestandsaufnahmen u.a. der Vegetation (durch Cöster) einen Pflege- und Entwicklungsplan. Im Jahre 2005 erfolgten erneut Vegetationsaufnahmen durch Bockholt und Studenten der Universität Rostock. Es werden Veränderungen der botanischen Zusammensetzung einer ursprünglichen Anhäufung von Pionierrasengesellschaften bestimmt und mit ökologisch-statistischen Methoden verrechnet. Artenzahl, Diversitätsindizes, Dominanzverhältnisse sowie vorkommende Rote-Liste-Arten werden zur Charakterisierung der eingetretenen Wertänderung der Flora herangezogen.

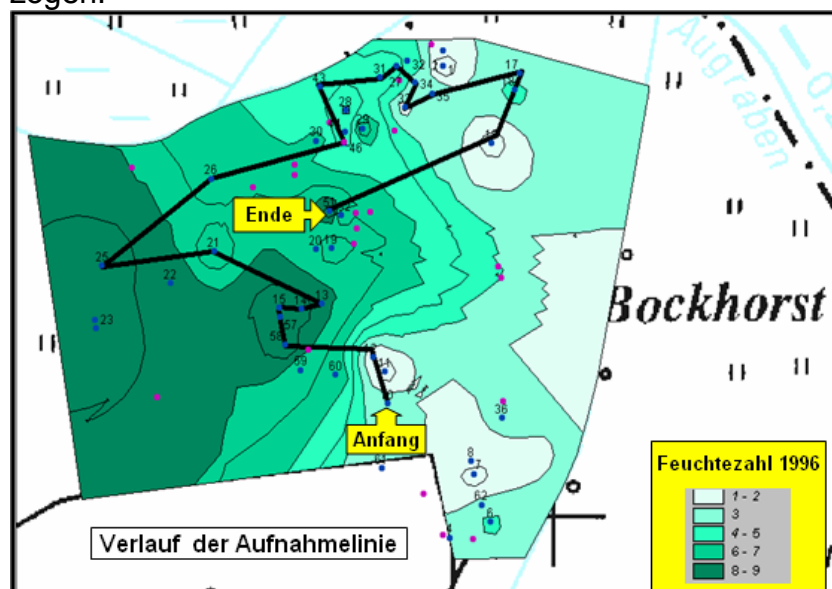


Abb.1: NSG Güstrow-Bockhorst - Karte der Bodenfeuchtestufen im Jahre 1996

### Material und Methoden

Vorkommen und Häufigkeit höherer Pflanzen wurden durch pflanzensoziologische Aufnahmen während der Vegetationsperiode nach BRAUN-BLANQUET an gleichen Aufnahmepunkten in den Jahren 1996 und 2005 bestimmt, in ArcView kartiert und mit einem selbst erstellten EXCEL-Kalkulationsbewertungsrahmen verrechnet.

### Ergebnisse und Diskussion

In der Zwischenzeit eingetretene Florenveränderungen gehen deutlich aus Tabelle 1 hervor. Eine Verdrängung der Borstgrasrasen und die Ausbreitung von Landreitgras und Ackerkratzdistel sind typisch für die trockenen bis feuchten Flächenteile.

		Vorkommen 1996		Vorkommen 2005		
Gruppe			Anzahl		Anzahl	
RL1	vom Verschwinden bedroht		1		1	
RL2	stark gefährdet		21		20	
RL3	gefährdet		35		32	
	Süßgräser		35		34	
	Sauergräser		23		17	
	Kräuter		143		134	
	Leguminosen		16		11	
	Holzgewächse		8		6	
	Pflanzenarten insgesamt		225		202	
Pflanzenarten insgesamt:			225	Pflanzenarten insgesamt:		
davon gefährdete Arten			57	davon gefährdete Arten		
Rang	Pflanzenart	Stetigkeit [%]	mittlere Mächtigkeit [%]	Pflanzenart	Stetigkeit [%]	mittlere Mächtigkeit [%]
1	Rotschwengel	61.4	9.2	Ackerkratzdistel	73.8	4.1
2	Wiesenlabkraut	61.4	4.0	Rotschwengel	59.5	21.0
3	Vogelwicke	52.3	0.8	Wiesenlabkraut	54.8	3.9
4	Spitzwegerich	50.0	2.9	Landreitgras	47.6	19.4
5	Sauerampfer	47.7	1.5	Wiesenrispe	45.2	9.1
6	Wiesenflockenblume	40.9	1.9	Sauerampfer	45.2	2.3
7	Wiesenrispe	38.6	8.5	Rasenschmiele	42.9	9.1
8	Wasserminze	36.4	4.1	Vogelwicke	38.1	2.3
9	Gemeine Wiesenschafgarbe	36.4	1.8	Gamander-Ehrenpreis	35.7	3.4
10	Scharfer Hahnenfuß	36.4	1.1	Kriechendes Fingerkraut	35.7	1.2

An Aufnahmepunkten mit ökologisch wertvoller Vegetation entlang einer in Abb.1 dargestellten Linie konnten die Veränderungen insbesondere über den Anstieg der Stickstoffzahl nach Ellenberg quantifiziert werden (Abb.2). Es kann festgestellt werden, dass in relativ kurzen Zeiträumen durch unkontrollierte Beweidung mit einer Besatzstärke von 0,3 GV/ha Vegetationsstrukturveränderungen mit dem Trend zur Eutrophierung eintreten, die Artenvielfalt aber im wesentlichen erhalten bleibt.

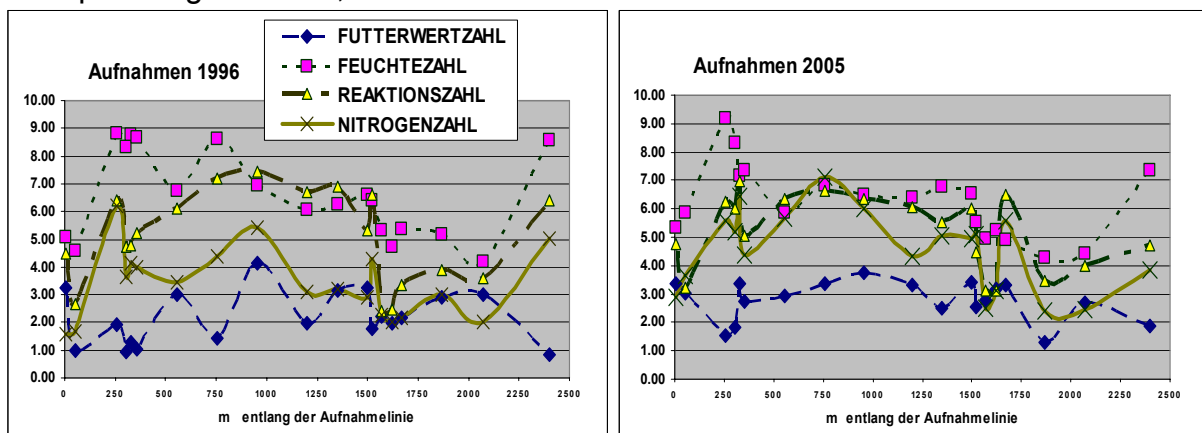


Abb.2: Zeitvergleich der Ganglinien von Bewertungen entlang der Aufnahmelinie

## Literatur

BIOTA-GmbH Güstrow; Pflege- und Entwicklungsplan NSG "Bockhorst" 1996



# Die Dynamik der Futtervorräte im System der „halboffenen Weidelandschaft“ unter Berücksichtigung der dominanten Pflanzenarten und der selektiven Beweidung

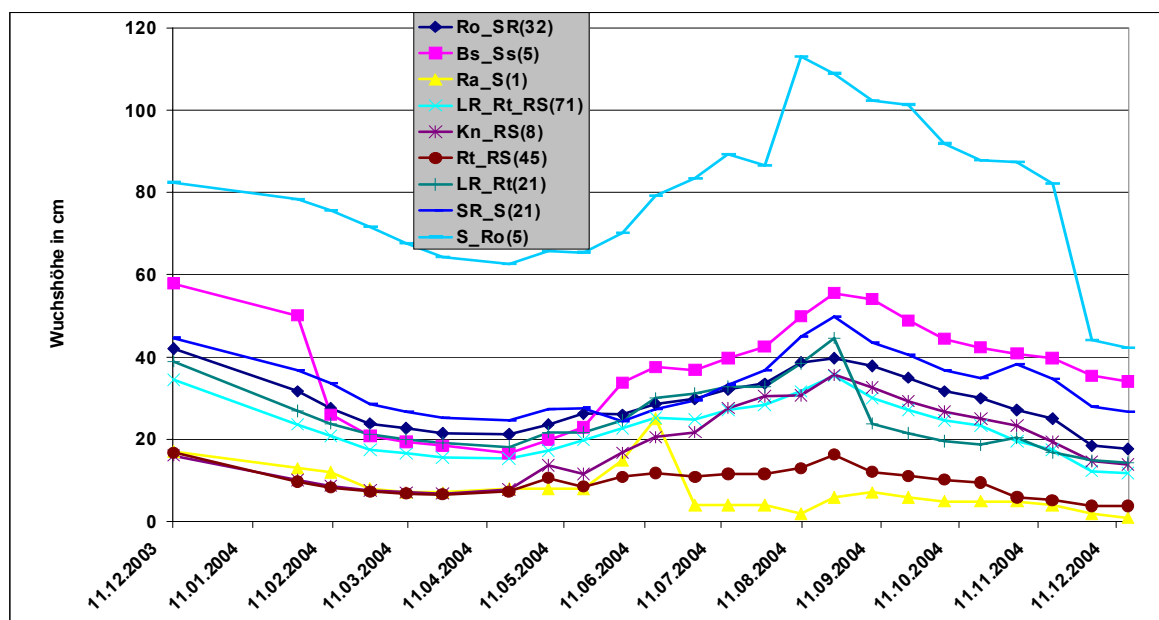
Matthias Dietze, Lisa Dittmann & Renate Bockholt

## Einleitung

Zu den Zielen eines Weidemanagement aus landwirtschaftlicher Sicht gehören u. a. die gleichmäßige Nutzung der Weide, die Abstimmung von Futterangebot und Futterbedarf sowie ein langfristig stabiler Weideertrag. Das vorrangige Ziel der „halboffenen Weidelandschaft“ als Methode des Offenlandmanagement ist Artenreichtum durch stochastische und dynamische Prozesse. Auf Grund der Saisonalität des Weidaufwuchses im gemäßigten Klima kommt es im Jahresverlauf zu Zeiten des Futterüberschusses und -mangels bzw. bedingt durch eine nicht gelenkten Beweidung in einem solchen „natürlichen“ Weidesystem zu Überbeweidung und Unterbesatz einzelner Bereiche. Die Untersuchung der Wuchshöhen im System der „halboffenen Weidelandschaft“ soll eine Modellierung der Futtervorräte im mit Heckrindern und Konikpferden beweideten Teil des NSG Bockhorst bei Güstrow im Jahresverlauf ermöglichen.

## Material und Methoden

In einem zweiwöchigen Rhythmus wurden im Jahr 2004 an einem im NSG Güstrow-Bockhorst installierten Raster die Wuchshöhen an 209 Punkten erfasst. An Hand der gewonnenen Daten werden unter Berücksichtigung des Tierverhaltens und flächendeckender Vegetationsuntersuchungen die Futtervorräte modelliert.



Ro: Rohr-Glanzgras; SR: Sumpfreitgras; Bs: Blaugrüne Segge; Ss: Sumpf-Segge; Ra: Rasen-Schmiele; S: Schilf; LR: Land-Reitgras; Kn: Knaulgras; RS: Rot-Schwingel; Rt: Rot-Straußgras

**Abb. 1:** Wuchshöhen unterschieden nach Dominanzgesellschaften

## Ergebnisse und Diskussion

Mit Vegetationsbeginn Mitte April ist eine Zunahme der mittleren Wuchshöhen (Abb. 1) zu beobachten; bis Ende August erreichen die Pflanzenbestände der einzeln ausgewiesenen Dominanzgesellschaften ihre maximal gemessenen Höhen. Dieser jahreszeitliche Verlauf gilt mit Ausnahme einer Dominanzgesellschaft (Rasen-Schmiele/Schilf) in mehr oder weniger ausgeprägter Form für alle anderen.

**Tabelle 1:** Dominanzgesellschaften und Frequentierung durch Weidetiere

Cluster	Fläche (ha)	mittlerer DG %	mittlere Artenzahl	FWZ*	Ruhen %	Aktiv %	Fressen %	Koten %
Rohr-Glanzgras Sumpf-Reitgras	8	18,1 12,7	18,7	2,2	3	0	5	4
Blaugrüne Segge Sumpf-Segge	1,25	70,0 19,0	3,2	2,1	0	0	1	1
Rasen- Schmiele Schilf	0,25	80,0 5,0	10,0	2,8	2	4	0	1
Land-Reitgras Rot-Schwingel Rot-Straußgras	17,75	30,5 13,3 6,3	19,7	3	38	16	34	31
Knaulgras Rot-Straußgras	2	25,0 14,4	16,8	4,6	3	2	5	5
Rot-Schwingel Rot-Straußgras	11,25	16,8 16,7	21,0	3,7	36	60	34	37
Land-Reitgras Rot-Schwingel	5,25	67,1 5,5	11,7	2,2	10	11	10	11
Sumpf-Reitgras Schilf	5,25	31,9 8,1	21,9	1,7	8	5	9	9
Schilf Rohr-Glanzgras	1,25	78,0 5,2	2,0	2,0	0	1	1	1

\*FWZ: Futterwertzahl (KLAPP et al., 1953)

Der Tabelle 1 kann entnommen werden, dass die Verhaltenskategorien Ruhen, Aktiv, Fressen und Koten den Dominanzgesellschaften Rot-Schwingel/Rot-Straußgras und Land-Reitgras/Rot-Schwingel/Rot-Straußgras am häufigsten zugeordnet werden konnten. Eine Erklärung dafür ist das Auftreten der relativ besseren Weidegräser und die flächenmäßig größere Ausdehnung dieser Dominanzgesellschaften. Bei einem unterstellten Futterbedarf von 10 kg TM/GV und Tag errechnet sich ein Futterjahresbedarf von 36,5 dt TM/GV bzw. bei einer Besatzstärke von 0,29 GV/ha 547,5 dt TM. Ausgehend von den zugeordneten Verweilzeiten für die Verhaltenskategorie „Fressen“ ergeben sich für die Dominanzgesellschaften Land-Reitgras/Rot-Schwingel/Rot-Straußgras, Land-Reitgras/Rot-Schwingel sowie Sumpf-Reitgras/Schilf der gesamten Weide entsprechende Besatzstärken zwischen 0,26 bis 0,29 GV/ha. Für die Dominanzgesellschaften Knaulgras/Rot-Straußgras und Rot-Schwingel/Rot-Straußgras errechnen sich Besatzstärken von 0,37 und 0,46 GV/ha; Werte zwischen 0,08 und 0,11 GV/ha ergeben sich für die übrigen Flächen. Es kann davon ausgegangen werden, dass weniger die Futtermengen als vielmehr die Futterqualitäten bei einer ganzjährigen Beweidung unzureichend sind.

## Literatur

Klapp, E., P. Boeker, F. König & A. Stählin (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen, Verlag Schaper, Hannover.

## Nährstoffaustrag über Entwässerungssysteme im Vergleich von Rollrasenproduktion auf lehmigem Sand und extensiver Weidenutzung auf Niedermoorgrünland

Renate Bockholt, Karsten Kappes & Herrmann Könker

### Einleitung

Verschiedene Formen der Grünlandnutzung innerhalb des Einzugsgebietes eines Fließgewässers (Kösterbeck) sollten im Hinblick auf die Gewässerbelastung mit Nährstoffen beurteilt werden. Dabei handelt es sich um Rollrasenproduktion auf einem dränierten lehmigen Sandboden (Ackerzahl 33; Pseudogley mit Grundwasserganglinie 1,0 bis 1,6 m unter Flur) mit relativ intensiver Düngung (180 kg N, 22 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 58 kg K<sub>2</sub>O /ha) einerseits. Andererseits handelt es sich um extensive Weidenutzung auf einem nicht gedüngten durch Gräben entwässerten tiefgründigen Niedermoor (Wolfsberger Seewiesen, Erdfen, Grundwasser in 0,4 bis 1,2 m Tiefe bzw. in 0,2 bis 0,6 m Tiefe). Als Maßstab dient eine Quelle.

### Material und Methoden

Es handelt sich um 5-jährige Ergebnisse aus kontinuierlichen Messungen der Abflusswassermenge (1995-1999) und aus wöchentlichen Wasseranalysen im Hinblick auf die Nährstoffe N und P; unter den klimatischen Bedingungen 641 mm mittlerer Niederschlag (516 - 803) und 8,2 °C (6,6 bis 9,1) mittlere Jahrestemperatur (Nähe der Großstadt Rostock).

### Ergebnisse und Diskussion

Die Menge des im in 1,2 m Tiefe verlegten Dränsystem abfließenden Wassers war in diesen 5 Jahren relativ gering, sie schwankte bei einem Mittelwert von 41 zwischen 17 und 62 mm. Der Abfluss über das Grabensystem der Niedermoore war nicht nach dem Grundwasserniveau gestaffelt, sondern richtete sich danach, ob Dränge- bzw. Druckwasser auftrat und Vorflut gegeben war oder nicht. Es wurden im Niedermoorgrünland 3- bis 10-fach höhere Abflussmengen gegenüber der Mineralbodendrainage gemessen. Der Entwässerungsanteil des Winterhalbjahres November bis April betrug 80%. Die Monate Februar und März lagen signifikant an der Spitze. Lediglich 2 Niedermoorgräben mit Dränge- bzw. Druckwasser spendeten ganzjährig und ununterbrochen Wasser.

Tab. 1: Menge und Konzentration des Abflusswassers sowie Nährstoffaustrag je Hektar in Abhängigkeit von den Messstellen (5 jährige Mittelwerte 1995 – 1999)

Messstelle	H <sub>2</sub> O	PO <sub>4</sub> -P	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	N <sub>-min</sub>	PO <sub>4</sub> -P	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	N <sub>-min</sub>
	mm	(mg/l)				(kg/ha)			
Drän 1 Rollrasen	41	0,31	0,1	13,0	13,1	0,14	0,04	6,09	6,12
Graben 4	121	0,03	0,2	2,5	2,6	0,04	0,14	5,60	5,73
Graben 5	512	0,04	0,1	0,3	1,2	0,22	0,33	9,65	10,0
Graben 6	166	0,09	0,3	0,3	0,6	0,24	0,94	0,71	1,63
Graben 7	289	0,07	0,5	0,3	0,8	0,28	1,98	0,99	2,97
Quelle /Tränke	--	0,03	0,4	0,0	0,5	----	---	---	---
Vorfluter Kösterbeck	--	0,05	0,5	3,0	3,8	----	---	---	----

Bei Rollrasenproduktion auf Sand - Pseudogley traten aber andererseits in Folge von Düngung mit in Wasser löslichen Nährstoffen die höchsten Konzentrationen des Entwässerungswassers in Bezug auf N<sub>min</sub> und PO<sub>4</sub>-P auf. Mit Ausnahme der P-Gehalte des Dränwassers, die ausschließlich durch Düngung erhöht sind, verlaufen die jahreszeitlichen Differenzierungen in einer typischen Ganglinie, deren Maximum im Monat Januar liegt. Daraus ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten Nährstoffausträge in kg je Hektar.

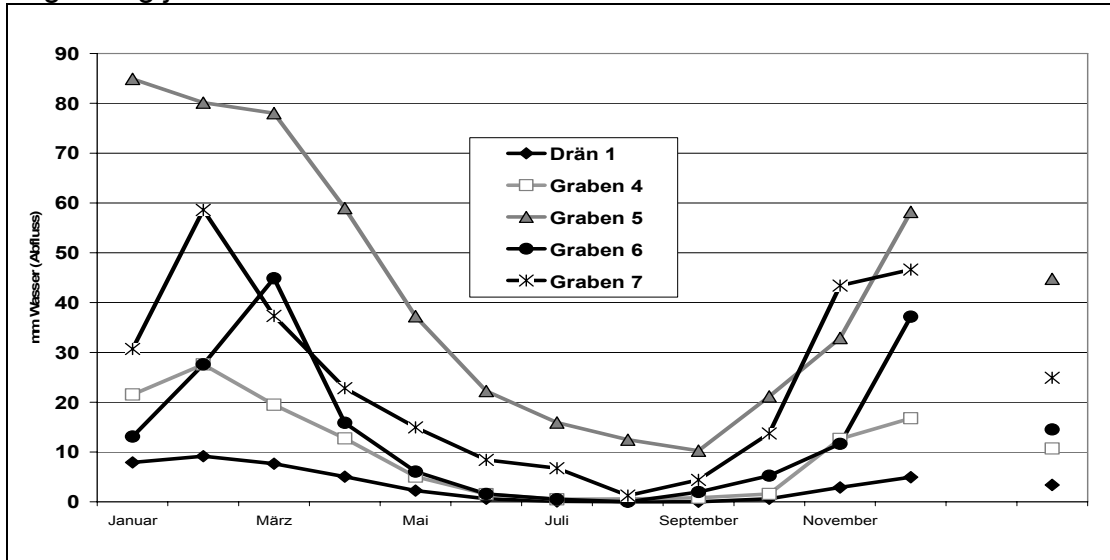


Abb. 1: Monatlicher Verlauf des Abflusses über Drän 1 und Gräben (Mittel von 5 Jahren)

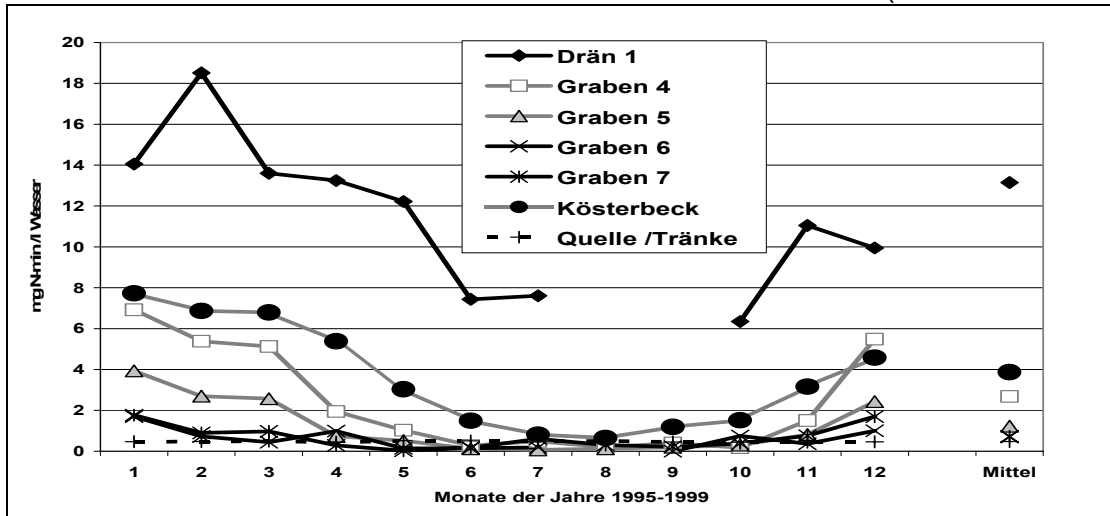


Abb.2: Monatlicher Verlauf des N<sub>min</sub>-Gehaltes in mg/l Wasser (Mittel von 5 Jahren)

### Zusammenfassung

Bei ganzjähriger Messung wurden über die Dräne des Ackerlandes 41 mm und über die verschiedenen Grünlandgräben durchschnittlich 121 bis 512 mm Wasserabfluss festgestellt. Während das Dränwasser vom gedüngten Rollrasen deutlich höhere Nährstoffkonzentrationen aufwies, floss vom Niedermoor bedeutend mehr Entwässerungswasser ab. Die höchsten Nährstoffausträge wurden trotz völligen Verzichts auf Düngung der Weideflächen an einzelnen Messstellen vom Niedermoorgrünland gemessen (Maxima 0,28 kg PO<sub>4</sub>-P/ha bei flacher Entwässerung, 1,98 kg NH<sub>4</sub>-N/ha bei flacher Entwässerung; 9,65 kg NO<sub>3</sub>-N/ha, 10,0 kg N<sub>min</sub>/ha an einem Dränge- bzw. Druckwasser führenden Graben mit tieferer Entwässerung).

## Nutzung der Pflanzengesellschaften des Grünlandes als Quelle der erneuerbaren Energie

Henryk Czyż, Teodor Kitczak, Maria Trzaskoś & Marek Bury<sup>1</sup>

### Einleitung

Dauergrünland in Westpommern beträgt in den Grenzen von Voivodschaft Zachodniopomorskie ca. 230 000 ha und ist vorwiegend auf organischen Böden lokalisiert. Vorherrschend ist hier Flachland mit vielen Endmoränenzügen, was eine Widerspiegelung in der Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften auf dem Grünland findet und einen starken Einfluss auf den Nutzungswert des Grünlandes hat (Rychnowska u.a. 1994, Czyż u.a. 1997).

Ziel der Untersuchungen lag in der Bestimmung der Vegetationszusammensetzung und der Ertragsleistung von Pflanzengesellschaften auf Grünlandflächen, die unter unterschiedlichen Standortbedingungen ausgebildet sind.

### Material und Methoden

In dem Beitrag wurden ausgewählte Pflanzengesellschaften charakterisiert, die unter verschiedenen, typischen für das Grünland des Westpommern, Standortbedingungen ausgebildet sind. Es wurden Objekten auf Moorstandorten, stark feuchten und nassen, frisch feuchten und auf mäßig trockenen Standorten gewählt. Die Vegetationszusammensetzung wurde mit der botanischen Gewichtsanalyse beschrieben und die Pflanzenproben wurden in der Zeit des ersten Schnittes entnommen.

### Ergebnisse und Diskussion

Sumpfige und nasse Gebiete mit lang andauernden Überflutung sind häufig mit Rohrichten von: Schilfrohr-, Riedgras-, Schwaden- oder Glanzgrasgesellschaften usw. bewachsen. Diese Flächen werden oft unter Agrar-Umwelt-Programme eingegliedert als Ökosysteme mit hohen natürlichen Werten. Hier wurde Ein-Schnitt-Nutzung Verfahren praktiziert, was die Mannigfaltigkeit der Vegetation begünstigt. Die geerntete Biomasse stellt nur kleiner Futterwert dar, dagegen kann sie als Rohstoff zur Energiegewinnung genutzt werden. Die ausgesonderten in diesen Untersuchungen Röhrichtern gaben folgende TM-Erträge: *Glyceria* – 9,37, Seggen – 7,28 und *Phalaris* – 9,42 T je ha. In der Pflanzengesellschaft von *Glyceria maxima* (Gm) machte der Bestandbildner 81,6% aus und die Gräser insgesamt – 89,1% des Bewuchses. Die Pflanzengesellschaft von *Carex gracilis* (Cg) zeichnete sich durch vereinfachte Artenzusammensetzung aus, weil der Dominant 94,5% der Narbe ausmachte. In der Pflanzengesellschaft von *Phalaris arundinacea* (Pha) zeichneten sich *Festuca arundinacea*, *Agrostis stolonifera* und *Carex gracilis* aus. Nach Aussagen von Sawicki (1999) in den genannten Pflanzengesellschaften besitzt das Schilfrohr das höchste Ertragspotential, das in den Grenzen von 13 bis 70 T TM liegt. Man soll nicht vergessen, dass die Art sehr hohe Wasseransprüche besitzt, was mit technischen Problemen bei der Ernte zu rechnen ist. Senkung der Viehhaltung verursachte einen Ausschluss aus der Nutzung beträchtlichen Grünlandflächen, z.B. in den Flusstäler und an den Seen. Unter feuchten und mäßig feuchten

---

Agraruniversität Szczecin, Lehrstuhl für Grünland, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

<sup>1</sup> Agraruniversität Szczecin, Fachlabor für Speziellen Pflanzenbau, [mbury@agro.ar.szczecin.pl](mailto:mbury@agro.ar.szczecin.pl)

Standortbedingungen, wo die Überschwemmungen nur zufällig auftreten, dominieren die Gesellschaften von Typ *Alopecurus pratensis*, *Festuca arundinacea*. *Phleum pratensis* und *Festuca pratensis*. Das Niveau der erzielten Erträge hängt auf dem Grünland in starken Maße von Nutzungsoption ab. Die Pflanzengesellschaften von Typ *Pha* mit *Alopecurus pratensis* und *Alopecurus pratensis* mit *Poa pratensis* gedeihen entsprechend mit 7,39 und 6,54 T TM per ha. In der Pflanzengesellschaft *Pha* mit *Alopecurus pratensis* dominierten die Gräser (73,4% des Bestandes), darunter *Phalaris arundinacea* (20,0%), *Alopecurus pratensis* (18,5%), *Poa trivialis* (10,0%). Die Pflanzengesellschaft zeichnete sich durch hohen Anteil an Kräuter und Unkräuter (25,5%) aus (Tab. 1). In der Pflanzengesellschaft von Typ *Alopecurus pratensis* mit *Poa pratensis*, die unter mäßig feuchten Standortbedingungen ausgebildet wurde, stellte man einen hohen Anteil an Gräser (94,7%) fest, darunter *Alopecurus pratensis* mit 47,4% und *Poa pratensis* mit 41,1% des Bewuchses (Tab. 1). Unter trockenen Standortbedingungen wurde zur Analyse die Pflanzengesellschaft von Typ *Festuca rubra* mit bedeutendem Anteil an *Arrhenatherum elatius* (20,9%) und *Poa pratensis* (10,2%) genommen. Hier wurde 5,23 T TM je ha geerntet. Die Vegetation den trockenen Standorten ist weniger produktiv und die gewonnene Biomasse sollte man als gelegentliche Rohstoffquelle betrachten z.B. bei Pflegeschnitt gegen Gebüschbildung oder bei geplanter Renovierung der Narbe.

**Tab. 1.** Artenzusammensetzung (%) und Trockenmasseertrag (T per ha)

Auflistung	Pflanzengesellschaften					
	Gm	Ca	Pha	Pha +Ap	Ap + Pp	Fr + Are
Gräser	89,1	2,3	84,2	73,4	94,7	78,7
Schmetterlingsblütler	0,0	0,0	0,2	1,1	0,0	5,1
Seggen und Binsen	4,3	95,8	3,9	0,0	0,0	0,0
Kräuter und Unkräuter	6,6	1,9	11,1	25,5	5,3	16,2
Bestandsbildner						
<i>Alopecurus pratensis</i>				18,5	47,4	
<i>Arrhenatherum elatius</i>						20,9
<i>Carex gracilis</i>		94,5				
<i>Festuca rubra</i>						26,5
<i>Glyceria maxima</i>	81,6					
<i>Phalaris arundinacea</i>			72,1	20,0		
<i>Poa pratensis</i>					41,4	10,2
<b>Poa trivialis</b>				10,0		
Ertrag (T/ha)	9,37	7,28	9,42	7,39		6,05

- In Westpommern übt das Dauergrünland viele Funktionen aus.
- Nutzung des Bewuchses als Biomasse kann die ökonomischen Kennziffern bei Energiegewinnung verbessern und Biodiversität auf stillgelegten Flächen fördern

### Literatur

Czyż H.; G. Schalitz und M. Trzaskoś 1997: Influence of the Odra river flooding on the floristic composition of meadows located within the German-Polish National Park. Zesz. Nauk., AR Szczecin 180 Rol. 67: 11-17.  
 Rychnowska M.; D. Blazkova und F. Hrabec 1994: Conservation and development of floristically diverse grasslands in central Europe. Proc. 15 th Gen. MEET. Europ. Grassl. Fed. Wageningen, 6-9 June: 266-277.  
 Sawicki B. 1999: Nowe spojrzenie na trzcinę pospolitą (*Phragmites australis*). Folia Univ. Agric. Stetin. 197, Agricultura (75), 279-282.

## **Veränderung der Polyphenoloxidase-Aktivität in Rotklee in Abhängigkeit der Bewirtschaftung**

Martin Gierus, Birgit Eickler & Friedhelm Taube

### **Einleitung**

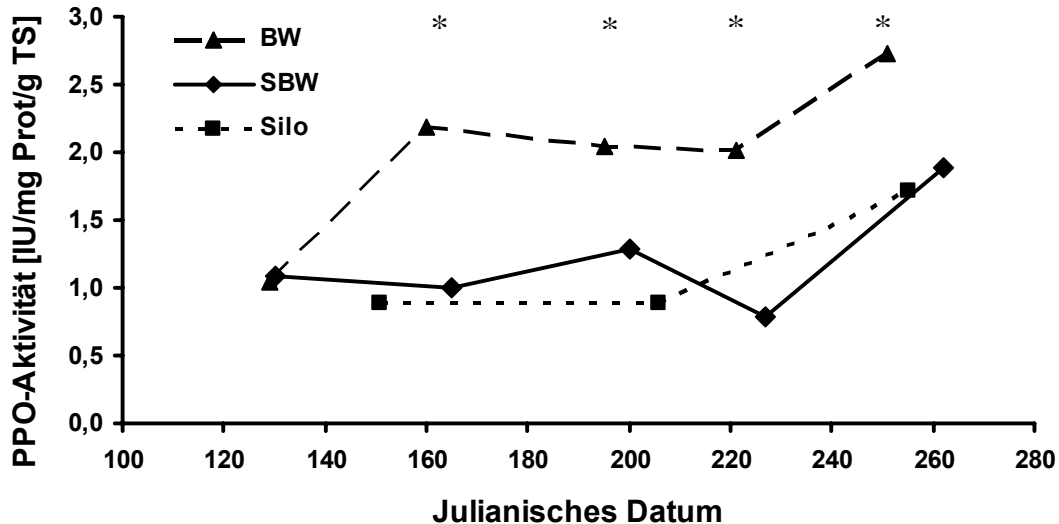
Voraussetzung für eine Verringerung der Umweltbelastung durch Stickstoffausträge und eine effiziente N-Nutzung im Grünland ist unter anderem eine verbesserte Stickstoffnutzungseffizienz (NUE) der Wiederkäuer. Bisher dominierende Futterleguminosen wie Weißklee oder Luzerne bieten hohe Futterqualität, weisen aber erhöhte Abbauraten des Rohproteins auf, die beim Wiederkäuer zu einer Verringerung der NUE führen können. In einigen Leguminosenarten vorkommende sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie kondensierte Tannine oder Polyphenoloxidase (PPO) wirken hemmend auf den raschen Proteinabbau in den Vormägen. Die im Rotklee enthaltene PPO ist verantwortlich für die enzymatische Bräunungsreaktion vieler Pflanzen, bei der durch die Oxidation von *o*-Diphenolen sehr reaktive *o*-Quinone entstehen, welche mit weiteren Phenolen und Proteinen Komplexe bilden können. Diese Quinon-Protein-Komplexe übernehmen in der Wiederkäuerernährung die Funktion eines geschützten Proteins und können zu einem reduzierten Proteinabbau im Pansen und folglich zur Verbesserung der NUE beitragen (Broderick et al. 2001). Vergleichende Studien zur PPO-Aktivität in Schnitt- und Beweidungssystemen sind nicht bekannt, es sind jedoch Einflüsse durch das Alter der Aufwüchse bzw. durch den mit der Beweidung einhergehenden Verbiss, Tritt und N-Eintrag durch Kot und Harn zu erwarten.

### **Material und Methoden**

Datenbasis der Untersuchung bilden einjährige Ergebnisse eines aktuellen Projektes zur Leistungsfähigkeit von Leguminosenarten unter Beweidung und Schnittnutzung (siehe Kleen et al. 2006, vorliegender Band). Beprobte wurden im Jahr 2005 die Parzellen mit Rotklee-Gras-Gemenge unter drei verschiedenen Nutzungsarten: Simulierte Beweidung (SBW), Beweidung (BW) mit je einer 5-Schnitt-Nutzung sowie Siloschnitt (Silo) mit 3-Schnitt-Nutzung. Zwischen den Terminen der 5-Schnitt-Nutzungen lagen jeweils etwa 30 Tage, der Siloschnitt erfolgte nach je etwa 50 Tagen. Im Falle der BW wurden die Tiere je 3-5 Tage auf den Parzellen belassen. Unmittelbar vor dem jeweiligen Schnitttermin bzw. Auftrieb der Tiere wurden auf den entsprechenden Parzellen Rotkleepflanzen in einer Schnitthöhe von 5 cm beprobt, in Blatt und Stängel getrennt und sofort eingefroren, um den aktuellen biochemischen Status zu konservieren. Die Extraktion der PPO erfolgte in Anlehnung an Escribano et al. (1997) aus gefrorenem Blattmaterial mittels Phosphatpuffer, die Aktivität wurde anschließend unter Verwendung von Kaffeesäure als Substrat photometrisch bei 400 nm über einen Zeitraum von 12 Minuten gemessen. Einzelne Beobachtungen der SBW und BW-Systeme wurden einer Varianzanalyse unterzogen. Schnitttermine wurden als wiederholte Messung betrachtet. Unterschiede zwischen Systemen innerhalb eines Schnitttermins wurden anhand eines Student-t-Tests verglichen und durch den Bonferroni-Holm-Test korrigiert.

## Ergebnisse und Diskussion

Im Jahresverlauf zeigte sich bei allen Systemen ein Anstieg der PPO-Aktivität in Rotklee mit höchsten Werten beim letzten Schnitt (Abb. 1). Die Nutzungsfrequenz hatte nur einen geringen Einfluss auf die PPO-Aktivität, wohingegen deutliche Unterschiede zwischen den beiden 5-Schnitt-Varianten SBW und BW festgestellt wurden.



**Abb. 1:** Einfluss der Bewirtschaftungsform und -intensität auf die PPO-Aktivität in Rotklee. Signifikante Unterschiede sind für  $P < 0,05$  mit „\*“ gekennzeichnet.

Rotklee beider Systeme wies zu Beginn der Nutzung gleiche Ausgangswerte der PPO-Aktivität auf, während an den Folgeterminen kontinuierlich höhere Werte in den Blättern der Pflanzen des BW-Systems gemessen wurden. Ein Einfluss des phänologischen Entwicklungsstadiums der Pflanzen konnte nicht bestätigt werden (siehe Kleen et al. 2006, vorliegender Band), so dass die gesteigerte PPO-Aktivität auf den Beweidungsprozess selbst zurückzuführen ist. Es ist zu vermuten, dass durch Tritt und Verbiss, aber auch durch erhöhten N-Eintrag durch die weidenden Tiere im Rotklee die Produktion von PPO als Schutz gegen Herbivore nachweisbar angeregt wird. Eine Verletzung oder Infektion von Pflanzengewebe resultiert weiterhin oft in der Synthetisierung von Phytoalexinen wie Chlorogensäure oder Kaffeesäure, welche wiederum der PPO als Substrat dienen und so eine Steigerung der Aktivität bewirken könnten. Gesicherte Aussagen und Rückschlüsse lassen sich auf Basis der einjährigen Daten nicht treffen; unsere Beobachtungen zeigen jedoch einige interessante Aspekte und Anstöße für zukünftige Forschungsansätze, die zu einer verbesserten Wiederkäuerernährung durch den Einsatz von Futterleguminosen mit sekundären Pflanzeninhaltsstoffen unter entsprechend angepassten Bewirtschaftungssystemen beitragen könnten.

## Literatur

- Broderick, G. A., R. P. Walgenbach und S. Maignan 2001: Production of lactating dairy cows fed alfalfa or red clover silage at equal dry matter or crude protein contents in the diet. *Journal of Dairy Science* 84: 1728-1737.
- Escribano, J., J. Cabanes, S. Chazarra und F. García-Carmona 1997: Characterization of monophenolase activity of table beet polyphenol oxidase. Determination of kinetic parameters on the tyramine/dopamine pair. *J. Agric. Food Chem.* 45: 4209-4214.



## **Das Potential der Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) zur Schätzung der Gasbildungskinetik von Silomais**

Sandra Kruse, Antje Herrmann, Ralf Loges & Friedhelm Taube

### **Einleitung**

Die *in vitro* Gasbildungsanalyse in Anlehnung an den Hohenheimer Futterwerttest nach Menke und Steingass (1988) wird häufig zur Bewertung des energetischen Futterwertes, u.a. von Silomais, herangezogen. Diese Methode liefert Informationen über die Rate und Höhe des Abbaus von Futtermitteln und/oder deren Inhaltsstoffen. Eine höhere Analyseneffizienz könnte durch den Einsatz der praxisbewährten Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) erreicht werden. In bisherigen Untersuchungen wurden meist mathematische Modelle an die Gasbildungskurven angepasst und die Kurvenparameter anschließend mittels NIRS geschätzt. Die vorliegenden Studien zeigen jedoch nur eine unzureichende Schätzgenauigkeit (Herrero et al., 1997; Lovett et al., 2004). Für Silomais wurde dies auf die Heterogenität der Inhaltsstoffzusammensetzung (Stärke und Faser) zurückgeführt (Lovett et al., 2004).

Im Rahmen der vorgestellten Untersuchung wurde daher die Hypothese überprüft, ob durch die getrennte Betrachtung von Kolben und Restpflanze die NIRS-Schätzgenauigkeit bezüglich der Gasbildungskinetik gesteigert werden kann. Weiterhin wurde die Gasbildungskinetik durch das gebildete Gasvolumen in definierten Intervallen charakterisiert, da angenommen wird, dass dieses mit dem Abbau spezifischer Inhaltsstoffe in Verbindung steht.

### **Material und Methoden**

In einem dreijährigen Feldversuch (2001-03) wurden 8 Silomaissorten die hinsichtlich Reifegruppe, Abreifeverhalten und zu erwartender Inhaltsstoffzusammensetzung das Sortenspektrum von Silomais repräsentieren, an 6 Terminen (1 Termin vor, 5 nach der Blüte) geerntet. Das in Kolben und Restpflanze fraktionierte Pflanzenmaterial wurde gehäckselt und anschließend gefriergetrocknet. Insgesamt lagen 480 Kolben- und 640 Restpflanzenproben vor. Das Absorptionsvermögen der auf 1 mm vermahlenden Proben wurde im Nah-Infrarot-Bereich (1100-2500 nm) in jeweiligem Abstand von 2 nm ermittelt. Die Auswahl von Kalibrationsproben, die die gesamte Probenpopulation abdecken, erfolgte für Restpflanzen- und Kolbenproben getrennt. Kalibrationssubsets umfassten 88 Kolben- und 210 Restpflanzenproben, zufällig ausgewählte Validationssubsets beinhalteten je 40 Proben. Zur Aufstellung der Schätzgleichungen wurden mittels ISI-Software<sup>®</sup> die mathematisch/statistischen Parameter dahingehend optimiert, dass die Kalibrationsfehler (SEC) minimiert und die Bestimmtheitsmaße ( $R^2$ ) maximiert wurden. Das Gasbildungspotential der Kalibrations- und Validationsproben wurde nach Menke und Steingass (1988) bestimmt. Eine Dokumentation des gebildeten Gasvolumens erfolgte nach 1, 3, 5, 7, 12, 16, 24, 48 und 72 h; anschließend wurden die Gasvolumina, die in den Inkubationsintervallen 3-5 h, 3-7 h, 5-12 h, 7-12 h, 5-16 h, 7-16 h, 12-16 h, 12-24 h, 24-72 h und 16-72 h produziert wurden, ermittelt. Die Beschreibung der Beziehung zwischen mit NIRS-geschätzten und im Labor gemessenen Werten erfolgte durch lineare Regression (SigmaPlot), wobei die Genauigkeit über die Steigung und das Bestimmtheitsmaß der Regressionsgeraden bestimmt wurde.

## Ergebnisse und Diskussion

Fehlerhafte Labormessungen und Ausschluss während des Kalibrationsprozesses reduzierten die in die Schätzgleichungen einfließenden Proben um ca. 20%. Die Kalibrationsstatistik zeigt eine zufrieden stellende Genauigkeit für die Schätzung der Gasbildung mit Bestimmtheitsmaßen zwischen 0.87 und 0.96 und geringen SEC unter 3.17 ml 200 mg<sup>-1</sup> TM in den Inkubationsintervallen 3-5 h (i), 5-16 h (ii) und 16-72 h (iii) (Tab.1). Die Validationsstatistik hingegen weist eine geringere Genauigkeit, mit Bestimmtheitsmaßen von 0.35-0.69 und Fehlern bis zu 6 ml 200 mg<sup>-1</sup> TM auf (Tab. 2). Die Steigung der Regressionsgeraden variiert zwischen 0.56 und 0.93, so dass die Gasvolumina im unteren Wertebereich über- und im oberen Wertebereich unterschätzt werden.

**Tab.1:** Kalibrationsstatistik der Gasbildung in verschiedenen Inkubationsintervallen für Kolben und Restpflanzen.

Inkubations- intervall [h]	n (1)		Wertebereich(2)				Mittelwert (3)				S.D. (4)		SEC (5)		R <sup>2</sup> (6)	
	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.		
3-5	63	173	2.5	19.1	2.0	12.7	7.5	6.5	4.29	2.99	1.07	0.87	0.94	0.92		
5-16	67	168	30.6	66.2	12.5	42.9	52.3	25.7	9.20	6.36	1.81	1.82	0.96	0.92		
16-72	69	162	12.1	56.6	15.7	44.8	26.3	29.9	8.88	7.43	3.17	2.20	0.87	0.91		

(1): Probenanzahl der Kalibration; (2): Minima und Maxima der produzierten Gasvolumina [in ml 200 mg<sup>-1</sup> TS]; (3): Mittelwert der produzierten Gasvolumina [in ml 200 mg<sup>-1</sup> TS]; (4): Standardabweichung der Laborwerte; (5): Standardfehler der Kalibration; (6): Bestimmtheitsmaß der Beziehung zwischen geschätzten und gemessenen Werten

Obwohl eine Fraktionierung der Maispflanze in Kolben und Restpflanze erfolgte und die Gasbildung in verschiedenen Inkubationsintervallen, die mit der Fermentation von wasserlöslichen Kohlenhydraten (i), Stärke (ii) und Zellwandbestandteilen (iii) in Verbindung gebracht werden können, unterteilt wurde, fällt die Genauigkeit der NIRS-Schätzung insgesamt nicht zufrieden stellend aus.

**Tab. 2:** Validationsstatistik der Gasvolumen in verschiedenen Inkubationsintervallen für Kolben und Restpflanzen.

Inkubations- intervall [h]	n (1)		Wertebereich(2)				Mittelwert (3)				SEV (4)		R <sup>2</sup> (5)		Steigung (6)	
	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.	Kolben	Rest.		
3-5	35	36	1.9	19.7	1.9	13.3	10.3	7.0	3.58	1.55	0.64	0.69	0.56	0.74		
5-16	35	36	28.8	59.0	12.1	33.3	41.4	25.3	6.06	2.67	0.46	0.69	0.68	0.74		
16-72	35	36	11.1	45.8	16.8	40.1	21.7	26.6	5.92	4.07	0.35	0.46	0.87	0.93		

(1): Probenanzahl der Validation; (2): Minima und Maxima der produzierten Gasvolumina [in ml 200 mg<sup>-1</sup> TS]; (3): Mittelwert der produzierten Gasvolumina [in ml 200 mg<sup>-1</sup> TS]; (4): Standardfehler der Validation; (5): Bestimmtheitsmaß der Beziehung zwischen geschätzten und gemessenen Werten (6): Steigung der Regressionsgeraden

Als Fehlerquellen können die in unterschiedlichen Raten, trotzdem aber zeitgleich ablaufende Fermentation der Kohlenhydratfraktionen und Schwierigkeiten bezüglich der Reproduzierbarkeit von Gasbildungsdaten angenommen werden. Eine weitere Verbesserung der Methodik ist erforderlich, um die Vorteile der NIRS zur erfolgreichen Schätzung der Gasbildung nutzen zu können.

## Literatur

- Herrero, M., Jessop, N.S., Fawcett, R.H., Murray, I. and Dent, J.B. 1997. Prediction of the in vitro gas production dynamics of kikuyu grass by near- infrared reflectance spectroscopy using spectrally-structured sample populations. *Animal Feed Science and Technology* 69, 281-287.
- Lovett, D.K., Deaville, E.R., Mould, F., Givens, D.I. and Owen, E. 2004. Using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict the biological parameters of maize silage. *Animal Feed Science Technology* 115, 179-187.
- Menke, K.H. and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development* 28, 7-55.

## **Eine Simulationsstudie zum Einfluss der Witterung auf den Ertrag und die Qualität von Silomais**

Sandra Kruse, Antje Herrmann, Alois Kornher & Friedhelm Taube

### **Einleitung**

Die Faktoren Genotyp und Umweltbedingungen üben den größten Einfluss auf die Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Silomais aus. Vor allem in marginalen Silomaisanbaugebieten, z. B. in Norddeutschland, spielen Witterungsbedingungen eine entscheidende Rolle. Bei optimaler Nährstoff- und Wasserversorgung limitieren niedrige Temperaturen und Einstrahlungsintensitäten in sensitiven Phasen der vegetativen und generativen Entwicklung die Abreife und reduzieren somit Ertrag und Qualität (Wilson et al., 1995). Der im Vergleich zu wärmeren Klimaten längeren Kornfüllungsphase steht v. a. eine reduzierte Entwicklungsrate gegenüber, die die vollständige Ausnutzung des genetischen Potentials verhindert.

Ziel der vorgestellten Untersuchung ist es, die umweltbedingte Variation des Trockenmasse (TM)-Ertrages und ausgewählter Futterqualitätsparameter (Trocken-substanz (TS)-Gehalt, Gerüstsubstanzen, wasserlösliche Kohlenhydrate, Stärke) anhand einer Simulationsstudie mit den Modellen FOPROQ und FONSCH (Kornher et al., 1991; Wulfes et al., 1999) für den Standort Kiel zu quantifizieren. Dies ermöglicht eine Risikoabschätzung der Silomaisproduktion in marginalen Anbaugebieten.

### **Material und Methoden**

Die vorgestellte Simulation beruht auf 3-jährigen Daten, die im Rahmen des Projektes ‚Regionale Erntezeitprognose Silomais‘ (Herrmann et al., 2005) auf dem Versuchsgut Hohenschulen an einer frühen (Oldham, S 220/-) und einer mittelfrühen Sorte (Fuego, S 250/K 220, stay-green) erhoben wurden. An 6 Terminen (1 Termin vor, 5 nach der Blüte) wurden je 10 Maispflanzen geerntet, nach Kolben und Restpflanzen fraktioniert und für die Qualitätsanalytik gefriergetrocknet. Die Bestimmung der Gehalte an Gerüstsubstanzen (NDF (Neutral Detergent Fiber) und ADF (Acid Detergent Fiber)), wasserlöslichen Kohlenhydraten (WSC) und Stärke in den Fraktionen erfolgte mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS). Mit den Modellen FOPROQ und FONSCH wurde eine Simulation unter Verwendung historischer Wetterdaten (1976-2005) des Standortes Kiel durchgeführt, wobei die Siloreife durch TS-Gehalte von 35% oder durch Festlegung der spätesten Ernte zum 10. Okt. definiert wurde. Die Häufigkeitsverteilung der 30-Jahre Simulation wurde analysiert.

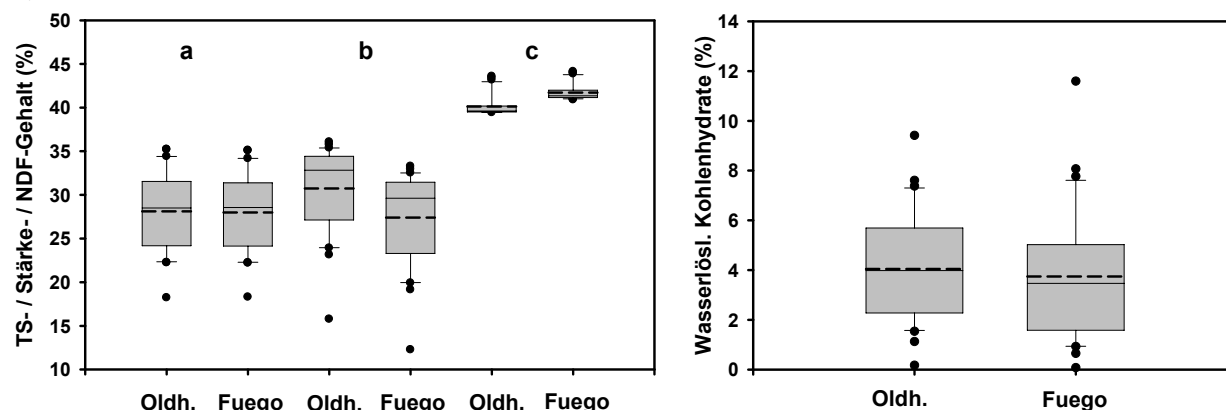
### **Ergebnisse und Diskussion**

Die mittelfrühe Sorte Fuego zeigt erwartungsgemäß ein höheres Ertragspotential (Tab.1) als die frühe Sorte Oldham. Niedrigste Erträge beider Sorten werden im kühlen Jahr 1987 ausgewiesen. Die stay-green Charakteristik von Fuego zeigt keinerlei Auswirkungen auf die berechneten TS-Gehalte (Tab. 1, Abb. 1). Beide Sorten erreichten den Ziel-TS-Gehalt (35%) in über 90% der Jahre nicht, jedoch wird der für die Silierung ausreichende TS-Gehalt von 29% in 53% (Oldham) bzw. 57% (Fuego) der Jahre erreicht. Oldham zeigt im Mittel einen höheren Stärkegehalt als die Sorte Fuego. In 57% der Jahre weist Fuego Stärkegehalte unter 30% auf, während dies für Oldham nur in 37% der Jahre der Fall ist. Negative Werte der Schiefe für den TM-Er-

trag, den TS- und den Stärkegehalt belegen einen Trend zu niedrigen Werten. Für die WSC-Gehalte wird eine deutliche Umweltabhängigkeit beider Sorten durch hohe Variationskoeffizienten (Oldham: 54.1 %; Fuego: 68.9%) bei mittleren Gehalten von 3.5-4.0% ausgewiesen. Die Gerüstsubstanzgehalte zeigen eine wesentlich geringere Variation (CV von 2.1-4.6%).

**Tab. 1.** Ergebnis der Simulationsstudie (1976-2005), dargestellt als Minimum- und Maximumwert, Mittelwert, Median, Variationskoeffizient CV [%], Schiefe, Kurtosis und den 10, 25, 75, und 90% Quantilen.

	Ertrag [dt TM/ha]		TS-Gehalt [%]		WSC [%]		Stärke [%]		NDF [%]		ADF [%]	
	Oldham	Fuego	Oldham	Fuego	Oldham	Fuego	Oldham	Fuego	Oldham	Fuego	Oldham	Fuego
Min	100.0	104.7	18.2	18.3	0.2	0.1	15.8	12.3	39.4	40.9	22.4	22.4
Max	176.9	185.5	35.2	35.1	9.4	11.6	36.1	33.3	43.6	44.1	26.9	26.7
Mittel	151.5	158.3	28.1	28.0	4.0	3.7	30.7	27.4	40.1	41.7	23.0	23.3
Median	151.7	158.4	28.5	28.6	4.0	3.5	32.8	29.6	39.6	41.4	22.5	22.8
CV [%]	11.2	11.2	16.2	16.1	54.1	68.9	15.8	19.1	2.9	2.1	4.6	4.4
Schiefe	-0.8	-0.8	-0.1	-0.1	0.5	1.0	-1.2	-1.1	2.3	1.8	2.6	1.8
Kurtosis	1.4	1.3	-0.8	-0.9	-0.2	1.5	1.4	0.7	4.4	2.5	6.6	3.2
Quantil 10%	131.7	137.5	22.8	22.7	1.8	1.0	24.3	20.3	39.5	41.0	22.5	22.5
Quantil 25%	142.2	148.0	24.2	24.2	2.4	1.7	27.5	23.7	39.5	41.2	22.5	22.7
Quantil 75%	163.5	171.2	31.2	31.0	5.5	4.8	34.4	31.4	40.1	42.0	23.0	23.6
Quantil 90%	171.2	179.1	34.3	34.1	6.7	6.3	35.3	32.4	41.4	42.9	23.8	24.4



**Abb. 1.** Ergebnis der Simulationsstudie (1976-2005) für den TS (a)-/ Stärke (b)-/ NDF (c)- Gehalt (%) und den Gehalt wasserlöslicher Kohlenhydrate (%) als Boxplots mit 10, 25, 50, 75 und 90% Quantilen, Ausreißer (●) und Mittelwert (---).

Die Simulationsstudie dokumentiert für den Standort Kiel eine starke witterungsbedingte Variation sowohl für den TM-Ertrag als auch für Qualitätsparameter. Neben dem TS- und Stärkegehalt zeigt insbesondere der Gehalt an WSC eine große Umweltabhängigkeit. Im Gegensatz dazu wird der Gehalt an Gerüstsubstanzen in deutlich geringerem Umfang durch Umweltbedingungen determiniert. Der Effekt der Sorte auf den TM-Ertrag und die Futterqualitätsparameter erscheint im Vergleich zu den Witterungsbedingungen als eher unbedeutend.

## Literatur

- Herrmann, A., Kornher, A., Höppner, F., Rath, J., Taube, F. 2005. Erntezeitprognose von Silomais – Validierung und Umsetzung in die Praxis. Mitt. AG Grünland und Futterbau, Band 7, 119-122.
- Kornher, A., Nyman, P., Taube, F. 1991. Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. Das Wirtschaftseigene Futter 37, 232-248.
- Wilson, D.R., Muchow, R.C., Murgatroyd, C.J. 1995. Model analysis of temperature and solar radiation limitations to maize potential productivity in a cool climate. Field Crops Research, 43, 1-18.
- Wulfes, R., Nyman, P., Kornher, A. 1999. Modelling non-structural carbohydrates in forage grasses with weather data. Agricultural Systems 61, 1-16.

## Untersuchungen zum Einfluss einer N-Kopfdüngung auf die Schädigung des Blattapparates sowie auf Ertragsmerkmale von *Zea mays*

Jürgen Müller, Renate Bockholt & Dirk Bruhn

### Einleitung

Im Gegensatz zu den viehstarken Regionen wird der vornehmlich auf leichten Böden angebaute Silomais in den ackerbauulich dominierten Landwirtschaftsbetrieben größtenteils mineralisch mit Stickstoff versorgt. Die geringe Sorptionskapazität dieser Standorte führt im Zusammenhang mit dem späten Eintritt der Phase des Hauptnährstoffbedarfes beim Mais zu einer agronomischen Konstellation, die eine Teilung der auf den Gesamtbedarf an Stickstoff abgestimmten Düngergabe sehr sinnvoll erscheinen lässt (Binder et al. 2000). Aufgrund von Verätzungen des Blattapparates, die als Folge des trichterförmigen Habitus der Jungpflanzen bei herkömmlicher Streutechnik immer wieder zu beobachten sind, hat sich ein Splitting in der Praxis dennoch nicht etabliert.

Mit nachfolgend vorgestellter Untersuchung soll daher der Frage nachgegangen werden, ob bzw. inwieweit die Art und die Bemessung einer späten zweiten mineralischen Stickstoffgabe das Schädigungsausmaß des Maises beeinflusst und inwieweit ertragsrelevante Merkmale davon betroffen sind.

### Material und Methoden

Mit dem Ziel der Beantwortung der aufgeworfenen Fragen ist in den Jahren 2004 und 2005 an der Versuchsstation der Universität in Rostock jeweils ein dreifaktorieller Feldversuch angelegt worden, dessen Design Tab. 1 zu entnehmen ist.

Tabelle 1: Faktoren und Stufen der beiden Kopfdüngungsversuche 2004 und 2005

Faktor	Stufen	Versuchsjahr 2004	Versuchsjahr 2005
Art des Düngers	1	Kalkammonsalpeter (KAS)	Kalkammonsalpeter (KAS)
	2	Harnstoff, gepirilt (HAST)	Harnstoff, gepirilt (HAST)
	3	Ammonsulfat (ASS)	Ammonsulfat (ASS)
Anteil des Kopfdüngers an der 2. Gabe (50 kg N)	0	Referenz ohne jegliche Düngung	Referenz ohne jegliche Düngung
	1	0% Kopf-, 100% Bodenapplikation	0% Kopf-, 100% Bodenapplikation
	2	10% Kopf-, 90% Bodenapplikation	15% Kopf-, 85% Bodenapplikation
	3	20% Kopf-, 80% Bodenapplikation	30% Kopf-, 70% Bodenapplikation
	4	30% Kopf-, 70% Bodenapplikation	-
Genotyp	1	Eternity (S 170)	Eternity (S 170)
	2	Glinko (S 250)	Glinko (S 250)
	3	Ravenna (S 210)	Somera (S 220)
	4	Tango (S 210)	-

Bei dem Versuchsstandort handelt es sich um einen humosen Sand mit ausgewogener Grundnährstoffversorgung. In beiden Jahren wurden insgesamt 160 kg N/ha gedüngt, davon 50 kg als 2. Gabe. Die zweite Gabe erfolgte im 6-10-Blattstadium.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Art des Düngers hatte, im Gegensatz zur Variation des Kopfdüngungsanteils, in keinem der Versuchsjahre einen signifikanten Einfluss auf den Maisertrag. Im Gegensatz dazu blieb der Anteil geschädigter Blätter nicht unbeeinflusst von der Düngerart (siehe Tab. 2).

Tabelle 2: Schadwirkung der Kopfdüngung in Abhängigkeit von der Düngerart und dem Anteil des Kopfdüngers an der 2. Gabe

Anteil des Kopfdüngers	10% d. 2. Gabe gezielt auf die Pfl. appliziert		20% (15%) d. 2. Gabe auf die Pfl. appliziert		30% d. 2. Gabe gezielt auf die Pfl. appliziert	
	2004	2005	2004 (20%)	2005 (15%)	2004	2005
Düngerart						
Kalkammonsalpeter	1,2 <sup>a</sup>	-	1,9 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>
Harnstoff	0,4 <sup>b</sup>	-	1,0 <sup>b</sup>	0,1 <sup>a</sup>	1,1 <sup>b</sup>	0,01 <sup>b</sup>
Ammonsulfat	0,9 <sup>c</sup>	-	1,4 <sup>b</sup>	0,2 <sup>a</sup>	2,1 <sup>b</sup>	0,02 <sup>b</sup>

6 Messwiederholungen in einwöchigem Abstand nach der Applikation, Bonitur von jeweils 10 Pflanzen pro Parzelle  
 Boniturschlüssel: 0=keine, 1=bis 10%, 2=11-30%, 3=31-50%, 4=51-70% Verätzungen der Blattfläche, 5=Blatt seneszent

Das Ausmaß der Schädigung war, mit Ausnahme der 15%-Variante im Kopfdüngungsanteil 2005, bei einer Applikation von Kalkammonsalpeter signifikant höher als bei Harnstoff und Ammonsulfat. Zwischen dem Ausmaß der kopfdüngungsbedingten Blattnekrosen und dem Ertrag bestand kein nachweisbarer Zusammenhang (siehe Abb. 1).

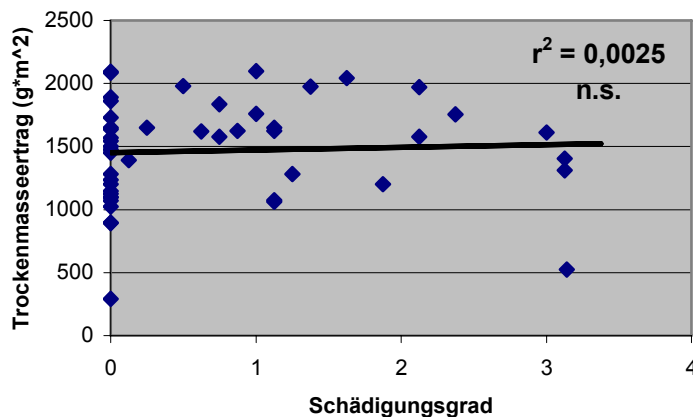


Abbildung 1: Schädigungsgrad infolge kopfdüngungsbedingter Blattverätzungen im Versuchsjahr 2004 versus Ertrag an Trockenmasse

Eine Teilung der mineralischen Düngemenge in zwei Gaben führt zwar zu Blattverätzungen, deren Ausmaß sich allerdings in Abhängigkeit von der Witterung und dem Düngemanagement in Grenzen halten lässt. Bei Verzicht auf KAS und gleichzeitiger Meidung einer Kopfdüngung in Trockenphasen kann auch mit praxisüblicher Streutechnik ein Splitting praktiziert werden, welches nicht notwendigerweise Ertragseinbußen nach sich zieht.

## Literatur

Binder, D.L.; Sander, D.H. and D.T. Walters, 2000: Maize Response to Time of Nitrogen Application as Affected by Level of Nitrogen Deficiency. Agron. J. 92:1228–1236 (2000).

## Optimierung des Klee grasmanagements unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeit einer ganzjährigen Außenhaltung von Wiederkäuern auf Ackerschlägen (Winterweide)

Derk Westphal, Ralf Loges & Friedhelm Taube

### Einleitung

Die Art der Bewirtschaftung und die Ansaatmischung haben Einfluss auf den Ertrag, die Futterqualität und die N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung von Klee grasbeständen (Loges, 1998). Weiterhin besteht ein Einfluss auf die Nitratverlagerung und die Vorfruchtleistung der Klee grasbestände. Ausschließlich beweidete oder ausschließlich mulchgenutzte Klee grasflächen können zu Stickstoffausträgen führen, deren Nitratkonzentration im Sickerwasser weit über dem EU-Trinkwassergrenzwert von 50 mg NO<sub>3</sub>- l<sup>-1</sup> liegt (Drey mann, 2005). Allgemein gilt Weidenutzung im Vergleich zu Schnittnutzung als deutlich kostengünstiger, von daher wird eine maximale Weidedauer angestrebt. Auf Klee grasflächen, die ohnehin im folgenden Frühjahr umgebrochen werden, ließe sich eine Beweidung über Winter relativ problemlos durchführen, ohne Dauergrünland oder jüngere Klee grasschläge mit Trittschäden zu belasten. Vor diesem Hintergrund wurden unterschiedliche Saatmischungen in Bezug auf Ertragsleistung, Futterqualität und Eignung zur Winterbeweidung untersucht.

### Material und Methoden

Auf dem ökologisch bewirtschafteten Betrieb Hof Ritzerau im südlichen Schleswig-Holstein (Bodenart IS-L, 48 (16-50) Bodenpunkte, mittlerer Jahresniederschlag 760 mm, Jahresmitteltemperatur 8.7 °C) wurde in überjährigen Klee grasbeständen ein Feldversuch mit folgenden Faktoren durchgeführt.

**Tab. 1:** Faktoren und Faktorstufen des Klee gras-Versuches

Faktor	Faktorstufe	Beschreibung
1. Mischungspartner Leguminosenart	2.1. Weißklee 2.2. Rotklee 2.3. Luzerne	Typische Leguminosenarten des Ackerfutterbaus
2. Begleitgrasart	1.1. Dt. Weidelgras 1.2. Rohrschwingel	Bevorzugte Grasart im Klee grasanbau Wintergrüne Grasart
3. Nutzungssystem	3.1. Gründüngung 3.2. Schnittnutzung 3.3. Mähweide 3.3.1. frühe Beweidung 3.3.2. späte Beweidung	3 Mulchschnitte 3 Siloschnitte 2 Siloschnitte... ... + Beweidung des letzten Aufwuchses Anfang Oktober ... + Beweidung des letzten Aufwuchses Anfang Januar ...

### Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 2 zeigt bei 3-Schnittnutzung einen deutlichen Effekt der Faktoren Leguminosenart und Begleitgrasart auf die Ausprägung der Ertragsleistung, der Futterqualitäten bzw. des Leguminosenanteils. Weißklee als Leguminosenart führte im

Vergleich zu Rotklee und Luzerne zu niedrigeren Rohproteingehalten und geringeren Rohproteinerträgen. Ursache ist der geringe Leguminosenanteil, der im wesentlich bescheideneren Umfang zur N-Versorgung des Bestandes beitragen konnte. Rohrschwengel führte über höhere Grasteilerträge zu leicht höheren TM-Erträgen des Gesamtbestandes. Allerdings hatte Rohrschwengel durch die höhere Konkurrenzkraft gegenüber Klee niedrigere Leguminosenanteile und niedrigere RP-gehalte im Gesamtertrag zur Folge.

**Tab. 2:** Einfluss der Kleegrassaadmischung auf Ertragsleistung und Futterqualitätsparameter bei Dreischnittnutzung

	Dt. Weidelgras			Rohrschwengel		
	Weißklee	Rotklee	Luzerne	Weißklee	Rotklee	Luzerne
TM-Ertrag [dt ha <sup>-1</sup> ]	96.2 <sup>c</sup>	152.8 <sup>ab</sup>	152.9 <sup>ab</sup>	104.9 <sup>bc</sup>	158.9 <sup>ab</sup>	167.9 <sup>a</sup>
Leguminosen-Anteil [%]	35.2 <sup>c</sup>	77.9 <sup>a</sup>	75.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>d</sup>	48.3 <sup>b</sup>	64.0 <sup>a</sup>
RP-Gehalt [%]	14.35 <sup>b</sup>	18.48 <sup>a</sup>	19.61 <sup>a</sup>	11.10 <sup>c</sup>	15.38 <sup>b</sup>	19.01 <sup>a</sup>
Energiegehalt [MJ NEL]	6.29 <sup>a</sup>	5.97 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.03 <sup>a</sup>	5.98 <sup>a</sup>	6.08 <sup>a</sup>
N-Ertrag [kg N ha <sup>-1</sup> ]	220.8 <sup>b</sup>	449.8 <sup>a</sup>	477.7 <sup>a</sup>	185.9 <sup>b</sup>	388.3 <sup>a</sup>	510.2 <sup>a</sup>
Energie-Ertrag [GJ ha <sup>-1</sup> ]	60.47 <sup>b</sup>	89.56 <sup>a</sup>	91.38 <sup>a</sup>	63.17 <sup>b</sup>	94.20 <sup>a</sup>	101.67 <sup>a</sup>

**Tab. 3:** Einfluss der Kleegrasmischung auf Ertragsleistung und Futterqualitätsparameter der Gesamtbestände bei früher und später Beweidung des letzten Aufwuchses

	Dt. Weidelgras			Rohrschwengel		
	Weißklee	Rotklee	Luzerne	Weißklee	Rotklee	Luzerne
<b>Frühe Beweidung</b>						
TM-Ertrag [kg ha <sup>-1</sup> ]	21.53 <sup>b</sup>	28.05 <sup>ab</sup>	44.97 <sup>ab</sup>	17.46 <sup>b</sup>	37.75 <sup>ab</sup>	52.17 <sup>a</sup>
RP-Gehalt [%]	15.68 <sup>c</sup>	21.20 <sup>b</sup>	23.74 <sup>a</sup>	9.35 <sup>d</sup>	16.60 <sup>c</sup>	22.17 <sup>b</sup>
NEL [MJ]	6.81 <sup>a</sup>	6.51 <sup>b</sup>	6.50 <sup>b</sup>	6.54 <sup>b</sup>	6.37 <sup>b</sup>	6.43 <sup>b</sup>
<b>Späte Beweidung</b>						
TM-Ertrag [kg ha <sup>-1</sup> ]	17.16 <sup>a</sup>	16.54 <sup>a</sup>	29.09 <sup>a</sup>	15.09 <sup>a</sup>	32.13 <sup>a</sup>	28.48 <sup>a</sup>
RP-Gehalt [%]	16.92 <sup>a</sup>	15.82 <sup>ab</sup>	13.77 <sup>bc</sup>	6.65 <sup>d</sup>	12.31 <sup>c</sup>	14.15 <sup>bc</sup>
NEL [MJ]	6.67 <sup>a</sup>	5.42 <sup>c</sup>	4.21 <sup>e</sup>	5.94 <sup>b</sup>	5.65 <sup>bc</sup>	4.70 <sup>d</sup>

Tabelle 3 zeigt für die Varianten, bei denen der letzte Aufwuchs beweidet wurde Erträge und Futterqualitäten zu zwei alternativen Terminen. Bei einem Vergleich der Bestände Anfang August und Anfang Januar zeigten sich im Januar im Mittel der Kleegrasmischungen 20% geringere TM-Erträge, 25% niedrigere Rohproteingehalte und 15% niedrigere Energiekonzentrationen. Diese Verluste waren bei den Varianten mit Luzerne am stärksten ausgeprägt. Die einjährigen Ergebnisse deuten an, dass Weißklee und Rotklee für die Winterbeweidung gut geeignet sind. Luzerne war aufgrund der hohen Blattverluste über Winter nicht geeignet. Der als wintergrün eingestufte Rohrschwengel führte im bisherigen Versuchsverlauf bei der Winterbeweidung zu keinem Vorteil gegenüber Dt. Weidelgras.

### Literatur

- Dreyman, S., 2005: N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Diss. Universität Kiel.
- Loges, R., 1998: Ertrag, Futterqualität, N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotkleeergrasbeständen. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel 09. Diss. Universität Kiel



## **Wirkung der Saatzeit auf Durchwurzelungsverhalten und Pflanzenentwicklung bei verschiedenen Winterrapsgenotypen (*Brassica napus* L.)**

Nicolle Becker, Sebastian Ulrich, Bodo Hofmann & Olaf Christen

### **Einleitung**

Züchtungsfortschritte führten bei Winterraps zur Entwicklung von Zwerghybriden, die im Vergleich zu den bekannten Sorten eine gestauchte Sprossachse aufweisen. In wie weit mit der Verminderung der Sprossachsenlänge auch eine Beeinträchtigung der Durchwurzelungstiefe einhergeht ist bisher nicht bekannt. Es war deshalb das Ziel der Untersuchungen, die Auswirkungen verschiedener Sortentypen bei Staffellung der Saatzeit auf das Durchwurzelungsverhalten und weitere Parameter der Pflanzenentwicklung in der Löß-Region Mitteleuropas zu ermitteln.

### **Material und Methoden**

Mit den Untersuchungen wurde im Sommer 2003 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 handelt es sich um einen Normtschernosem (Haplic Chernozem) mit der Bodenart stark toniger Schluff (Ut4, 20 % Ton, 68 % Schluff, C<sub>org</sub> 2,05 M.-%) im Ap-Horizont. In die Untersuchungen wurden folgende Faktoren einbezogen (Versuchsanlage: zweifaktorielle Spaltanlage mit 4 Wiederholungen):

Prüffaktor A – Saattermin	Prüffaktor B – Sortentyp
A1 Frühsaat (19. / 20. August)	B1 Liniensorte Express
A2 Normalsaat (26. / 27. August)	B2 MSL-Hybride Talent
A3 Spätsaat (02. / 03. September)	B3 Halbzwerghybride Belcanto

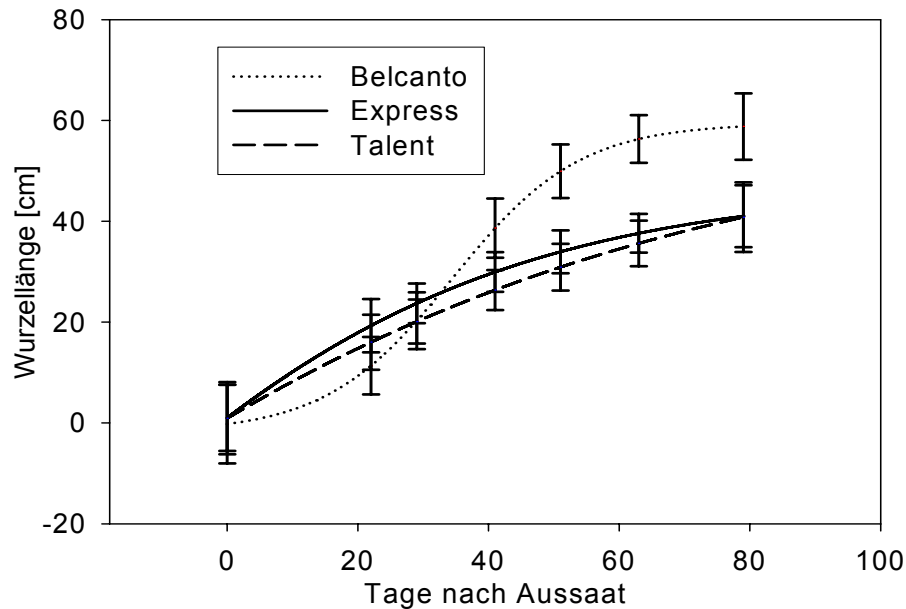
Die anbautechnischen Maßnahmen (Saatdichte, Düngung, Pflanzenschutz u.a.) wurden als fixe Faktoren auf der Versuchsfeldfläche einheitlich gestaltet.

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) angepasst.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Der Feldaufgang hängt wesentlich von den jahresbedingten Witterungseinflüssen ab. Er steht bei Winterraps in enger Wechselbeziehung zur Durchwurzelungstiefe. Innerhalb der Saattermine sind die Unterschiede zwischen den Sorten im Versuchszeitraum gering. Früh- und Spätsaat (Abb. 1) der Sorte Belcanto führten im Herbst 2003 zu einer Durchwurzelungstiefe von 55 bzw. 60 cm. Nach Normalsaat betrug die maximale Wurzeltiefe nur 40 cm. Die Sorten Express und Talent hingegen wiesen zu diesen Terminen einen noch geringeren Wurzeltiefgang auf. Bis zu Vegetationsbe-

ginn im Frühjahr glichen sich die Werte allerdings zunehmend an, so dass zwischen den Saatterminen und Sorten keine gravierenden Unterschiede mehr bestanden. Bei günstigen Keimbedingungen und gleichmäßigem Aufgang wurden dagegen im Herbst 2004 von Beginn an keine wesentlichen Differenzierungen in der Durchwurzelungstiefe festgestellt.



**Abb. 1:** Durchwurzelungstiefe verschiedener Winterrapssorten bei Spätsaat im Herbst 2003

Im Vergleich zu den Sorten Express und Belcanto wurde bei der MSL-Hybride Talent der größte Wurzelhalsdurchmesser und die höchste Gesamttrockenmasse vor Wintereintritt beobachtet. Die vor Winterbeginn im November ermittelten Parameter Gesamttrockenmasse je Pflanze und die Blattanzahl sind dabei mit dem Wurzelhalsdurchmesser positiv korreliert (Becker 2005).

**Tab. 1:** Einfluss der Saatzeit und Sorten auf den Rapsrertrag (dt/ha, 91 % TS) im Mittel der Jahre 2004/2005

Sorte	Frühsaat	Normalsaat	Spätsaat	Mittel
Express	47.0	49.1	45.4	47.2
Talent	47.0	50.4	46.2	47.9
Belcanto	51.1	51.0	50.8	51.0

Zwischen den Sorten Express und Talent waren die Ertragsunterschiede im Mittel der Jahre 2004 und 2005 minimal (Tab. 1). Die höchsten Erträge traten beim mittleren Saattermin auf. Frühe und späte Saaten senkten den Kornertrag bei diesen Sorten. Die Zwerghybride Belcanto brachte im Untersuchungszeitraum im Mittel der Saatzeiten deutlich höhere Kornerträge als die Sorten Express und Talent (3,8 bzw. 3,1 dt/ha). Sie zeichnete sich durch Spätsaatverträglichkeit aus.

### Literatur

- Ehlers, W., M. Goss, 2003: Water dynamics in plant production. CABI publishing. 52-54.  
 Becker, N., 2005: Einfluss der Saatzeit auf Wurzelwachstum, Ertrag und Kornqualität verschiedener Winterrapssortentypen. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Inst. Acker- und Pflanzenbau, Diplomarbeit.

## **Wirkung von Bodenbearbeitung und Saatverfahren auf Durchwurzelung und Pflanzenentwicklung bei Winterraps (*Brassica napus* L.)**

Juliane Geier, Joachim Bischoff<sup>1</sup>, Bodo Hofmann & Olaf Christen

### **Einleitung**

Die Etablierung gut entwickelter Winterrapsbestände erfordert ein qualitätsgerechtes Saatbett und eine standort- und bodenzustandsangepasste Saatgutablage. Diese Forderungen sind besonders unter den trockenen Bedingungen Mitteldeutschlands sowohl für die konventionelle als auch die konservierende Bodenbearbeitung von Bedeutung. Als eine Lösung bietet sich die exakte Saatgutablage mittels Einzelkornsaat an. Es war deshalb Ziel der Untersuchungen, den Einfluss wendender und pflugloser Bodenbearbeitung in Verbindung mit verschiedenen Saatverfahren auf das Durchwurzelungsverhalten und die Pflanzenentwicklung bei Winterraps zu untersuchen.

### **Material und Methoden**

Die Untersuchungen wurden 2003/04 in der LLFG Bernburg auf einer Löß-Schwarzerde (Normtschernosem, Bodenart Ut4, 22 % Ton, 70 % Schluff, C<sub>org</sub> 1,55 M.-%) durchgeführt. Unter den trockenen Standortbedingungen (langj. Jahresniederschlag 469 mm, langj. Jahresmitteltemperatur 9,1 °C) wurden in dem Großflächenexperiment mit Winterraps folgende Varianten näher betrachtet:

- konventionelle Bodenbearbeitung, Drillsaat (Pflug/DS),
- konservierende Bodenbearbeitung, Drillsaat (Centaur/DS) und
- konservierende Bodenbearbeitung, Einzelkornsaat (Centaur/EKS).

Die Ermittlung der zeitabhängigen Durchwurzelungstiefe erfolgte während der Herbstentwicklung mittels Minirhizotronmethode. Über die ausführliche Beschreibung dieses Messverfahrens, sowie die Darlegung weiterer versuchsmethodischer und anbautechnischer Angaben informiert Geier (2006) ausführlich.

### **Ergebnisse und Diskussion**

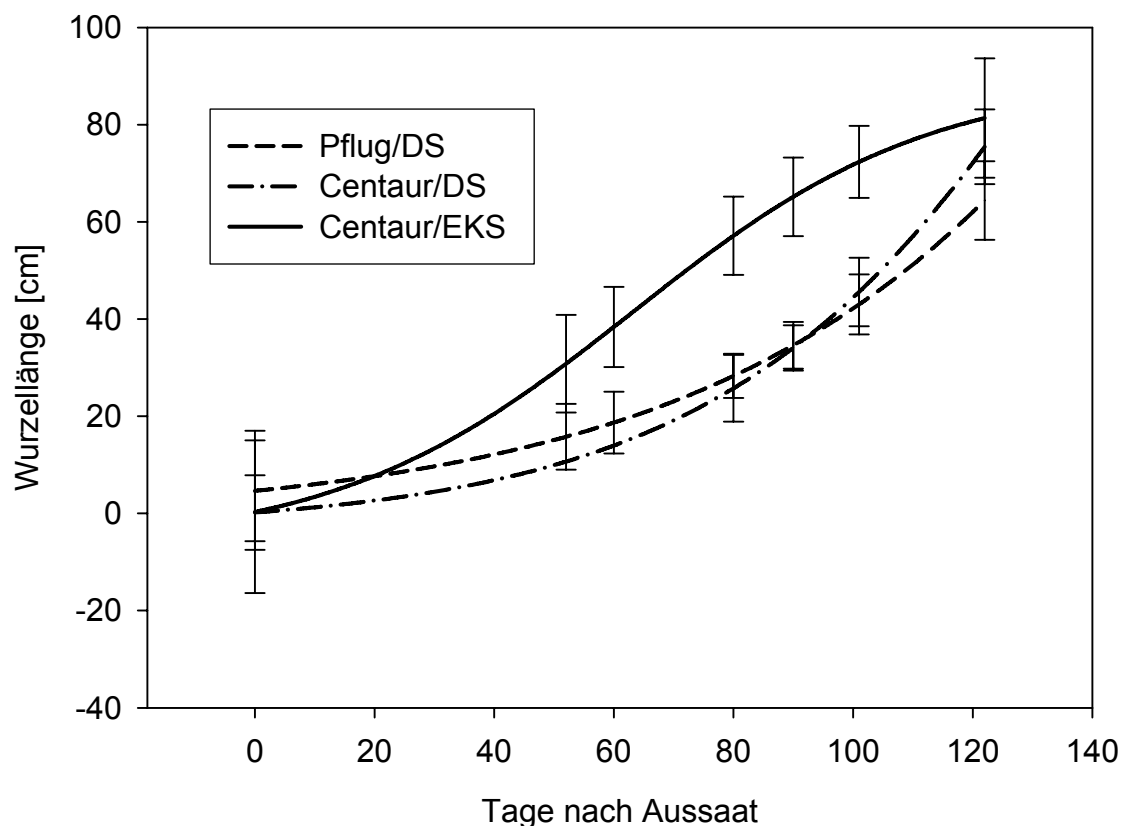
Günstige Aufgangsbedingungen (partielle Rückverfestigung) bei Einzelkornsaat bewirkten einen schnellen und gleichmäßigen Feldaufgang. Dies führte in der Jugendentwicklung zu einer raschen Tiefendurchwurzelung des Bodenprofils (Abb. 1) und zu einem größeren Wurzelhalsdurchmesser vor dem Winter (Tab. 1) als bei Drillsaat. Das mittlere Tiefenwachstum betrug bei der Einzelkornsaat ca. 1 cm/d und nach Drillsaat unabhängig von der Bodenbearbeitung etwa 0,8 cm/d. Dadurch wurde die Krumenbasis bzw. der Unterboden eher erschlossen als bei Drillsaat. Trockenstressbedingungen können so weniger wirksam werden. Im Verlaufe der weiteren Vegetation wurde aber der Entwicklungsvorsprung in der Durchwurzelungstiefe bei Einzelkornsaat durch die Drillsaat ausgeglichen.

Die Ertragsstrukturmerkmale verweisen auf Kompensationseffekte zwischen den verschiedenen Ertragsstrukturmerkmalen. Die Einzelkornsaat zeichnet sich unter den Prüfbedingungen durch hohe Triebzahlen/Pflanze (1. und 2. Ordnung), mittlere Schotenzahlen/Pflanze, Samenzahlen/Schote und TKM aus. Das Ertragsniveau lag bei den Varianten deutlich über 50 dt/ha (91 % TS).

---

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

<sup>1</sup> Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (LLFG) Sachsen-Anhalt, Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg



**Abb.1.:** Durchwurzelungstiefen in den unterschiedlichen Bestellvarianten

**Tab.1:** Ausgewählte pflanzliche Parameter

Parameter	Variante		
	Pflug/DS	Centaur/DS	Centaur/EKS
WHD <sup>1</sup> [cm]	5,9	6,0	7,2
Triebzahl	5,9 a <sup>3</sup>	5,9 a	6,8 a
(EC 80)	5,7 a	5,4 a	7,0 a
Schotenzahl/Pflanze	314,8 b	239,1 a	262,5 ab
Samenzahl/Schote	23,2 a	28,7 b	24,4 ab
TKM <sup>2</sup> [g]	4,9 a	4,4 a	4,5 a

<sup>1</sup> Wurzelhalsdurchmesser, <sup>2</sup> Tausendkornmasse, <sup>3</sup> unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen einen signifikanten Unterschied (p<0,05)

## Literatur

Geier, J., 2006: Wirkung anbautechnischer Maßnahmen (Bodenbearbeitung, Saatverfahren) auf physikalische Bodeneigenschaften, Wurzelwachstum und Ertragsstruktur bei Winterraps. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Inst. Acker- und Pflanzenbau, Diplomarbeit.

## Zur bodendichteabhängigen Wurzelpenetration von verschiedenen Winterrapsgenotypen (*Brassica napus* L.)

Kristin Heinichen, Sebastian Ulrich, Bodo Hofmann & Olaf Christen

### Einleitung

Kenntnisse über die Leistungsfähigkeit von Wurzelsystemen zur Bioperforation schadverdichteter Böden und zur Generation von Gefügeschäden sind für die nachhaltige Landwirtschaft bedeutsam. Das Perforationsverhalten der Pflanzen ist genetisch festgelegt. Es wird aber auch wesentlich durch Umweltfaktoren beeinflusst. So liegen detaillierte Kenntnisse über die Reaktion verschiedener Fruchtarten auf verdichtete Bodenstrukturbedingungen vor (u.a. Gätke 1984). Bei einigen Fruchtarten (Winterroggen, Triticale, Mais u.a.) wurden bereits sortenspezifische Effekte nachgewiesen (Dannowski 1992, Wiesler und Horst 1994). Über die verschiedenen Sortentypen bei Winterraps sind zum Wurzelpenetrationsvermögen bisher keine Ergebnisse bekannt geworden.

Mit den Untersuchungen sollte deshalb geprüft werden, in wie weit zwischen den verschiedenen Liniensorten und Hybriden bei Winterraps Unterschiede im Wurzelpenetrationsvermögen nachzuweisen sind.

### Material und Methoden

Zur Charakterisierung des Wurzelpenetrationsvermögens wurde eine Labortestmethode angewandt, die von Dannowski (1983) entwickelt wurde. Hierzu wurden Vegetationsgefäße mit der Größe von 100 cm<sup>3</sup> und der Grundfläche von 25 cm<sup>2</sup> verwendet. Als Substrat diente Boden des Julius-Kühn-Feldes Halle mit der Bodenart Lehmsand (SI3, 9,6 % Ton, 28,1 % Schluff, 1,26 % C<sub>t</sub>, Standarddichte 1,82 g/cm<sup>3</sup> bei optimaler Feuchte von 11,8 M.-%).

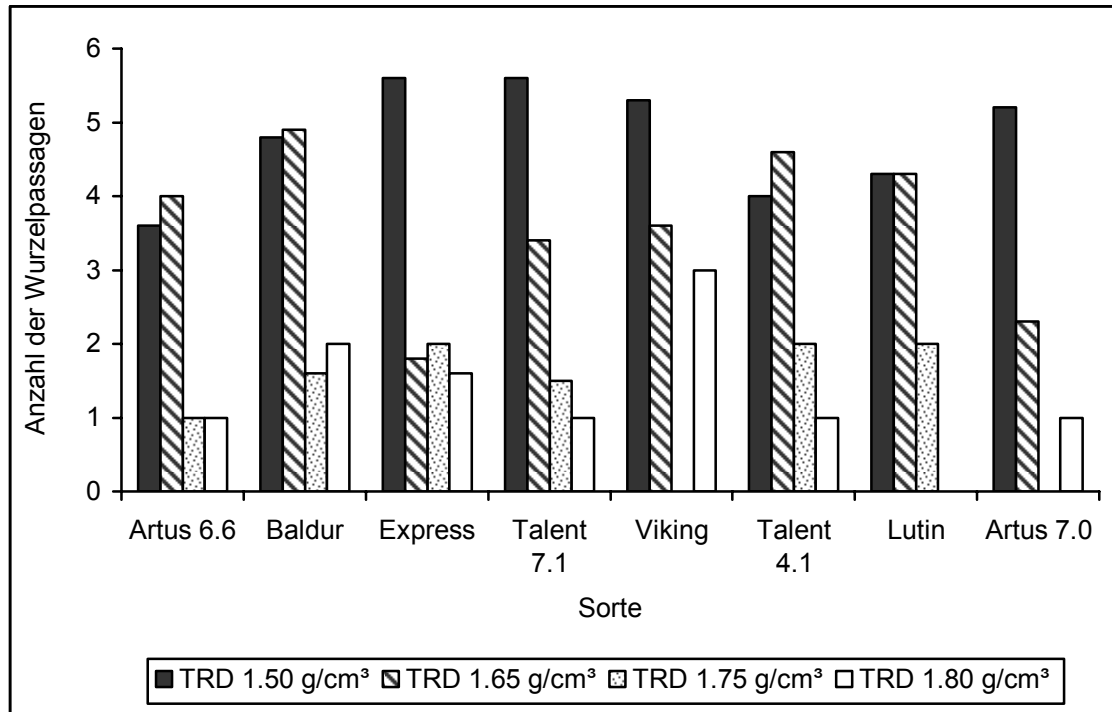
In die genannten Vegetationsgefäße wurde das Substrat eingefüllt, mittels einer hydraulischer Presse auf Trockenrohdichten von 1,50, 1,65, 1,75 und 1,80 g/cm<sup>3</sup> (n = 10) verdichtet und nach Aufsättigung zur Einstellung vergleichbarer Wassergehalte mit der Druckmembranapparatur bei pF 2,5 entwässert. In die vorbereiteten Gefäße wurden jeweils 7 vorgekeimte Rapsamen ausgebracht und als Evaporationsschutz mit 10 mm Sand bedeckt. 10 Tage nach dem Aufgang der Pflanzen (Klimakammerbedingungen während des Versuches: Lichtintensität 420 μmol/m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, Beleuchtungsdauer/ Temperatur – Tag 14 h / 15 °C, Nacht 10 h / 12 °C, rel. Luftfeuchte 85 %) wurde der Versuch beendet und die Parameter Feldaufgang, Wurzelpassage, Wurzelzopflänge, Trockenmasse Wurzel, Blatt und Stängel bestimmt.

In die Untersuchungen wurden folgende Sorten (incl. Herkünfte) einbezogen: Liniensorten Express, Viking, MSL-Hybriden Artus, Talent, Baldur (restaurierte 00-Hybride) und die Halbzwerghybride Lutin. Die statistische Auswertung der Versuchsdaten erfolgte mittels Varianzanalyse (Tuckey-Test, p 0,05).

### Ergebnisse und Diskussion

In den Voruntersuchungen mit dem Prüfsubstrat führte zunehmende Verdichtung zur systematischen Verminderung der Luftkapazität, des Gesamtgroporenvolumen, der Luftleitfähigkeit (bei pF 2,5) und der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf-Wert). Zwischen der Trockenrohdichte (TRD) und den genannten Bodenparametern

bestehen bei dem gestörten Prüfsubstrat signifikante Beziehungen. Unter Beachtung dieser Zusammenhänge bewirken TRD-Werte  $> 1,72 \text{ g/cm}^3$  (Luftkapazität  $< 5 \text{ Vol.-%}$ , Luftleitfähigkeit bei  $pF 2.5 < 0,2 \text{ cm/s}$ , kf-Wert  $< 0,11 \text{ cm/d}$ ) eine starke Einschränkung der Durchwurzelung bei Winterraps.



**Abb. 1:** Wurzelfpassage von Winterrapsgenotypen bei verschiedener Bodendichte

Die Untersuchungen zeigen, dass die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse wesentlich durch die Prüfbedingungen in der Klimakammer beeinflusst wurden.

Generell war die Anzahl der Wurzelfpassagen im Dichtebereich  $1,50-1,65 \text{ g/cm}^3$  am größten (Abb. 1). Zunehmender TRD-Anstieg reduzierte dabei die Wurzelfpassagen um mehr als die Hälfte. Die Wurzelzopflänge verminderte sich ebenfalls bei ansteigender Trockenrohdichte. Zwischen den Liniensorten (Express, Viking) und den Hybriden (Artus, Baldur, Lutin, Talent) bzw. Herkünften (verschiedene TKG) der Sorten Artus und Talent waren infolge der Messwertvariabilität keine signifikanten Differenzen feststellbar. Auch die mittlere Trockenmasse der Gesamtpflanze, Wurzeln sowie von Blatt/Stängel nahmen mit steigenden TRD-Werten ab. Diese Beziehungen waren allerdings wegen der großen Variabilität der Messwerte nicht so eindeutig wie bei den Parametern der Wurzelfpassage und -zopflänge ausgeprägt. Letztgenannte Messgrößen sind deshalb bei der allorhizen Bewurzelung des Winterrapses zur Bewertung des Wurzelpenetrationsvermögens in der Aufgangsphase vorzugsweise geeignet.

### Literatur

- Dannowski, M. 1983: Methode zur Ermittlung der Durchwurzelbarkeit unterschiedlich verdichteten Bodens. Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss. Berlin 215: 165-172.
- Dannowski, M. 1992: Das Penetrationsvermögen von Wurzeln unterschiedlicher Roggen- und Triticalegenotypen in Abhängigkeit von der Bodenlagerungsdichte. J. Agron. Crop Sci. 168: 169-170.
- Gätke, C.-R. 1984: Zur Wirkung unterschiedlicher bodenphysikalischer Einflussgrößen auf die Wurzel- ausbreitung und die pflanzliche Stoffproduktion. Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss. 227: 177-183.
- Wiesler, F. und W. J. Horst 1994: Root growth and nitrate utilization of maize cultivars under field. Plant Soil 163: 266-277.

## Root morphology of maize genotypes, *Zea mays* (L.), differing in drought tolerance

Nathinee Pa-In, Markus Liedgens<sup>1</sup>, Peter Stamp & Andreas Hund

### Introduction

Deep rooting is important for the adaptation of plants to water shortage since it facilitates drought escape via better use of the available resources. The aim of this study was to evaluate two maize genotypes for differences in root morphology and rooting depth. The genotypes were chosen because of the known difference of their ability for producing grain yield under water stress in the field.

### Materials and methods

The inbred lines CML444 and SC-Malawi (CIMMYT) are used in this study. CML444 was developed for high grain yield under drought conditions in southern Africa and is currently used as important source for drought tolerance in the CIMMYT breeding program. SC-Malawi is a historic inbred line from southern Africa with a comparably low yield potential but moderate stress tolerance.

The experiment consisted of three runs, set up as a factorial design containing two water treatments, namely 100% (ww) and 25% (ws) of maximum water holding capacity, and the two genotypes. Seeds were pre-germinated and transplanted into growth columns (0.8 m height, 105 mm diameter) filled with quartz sand (0.08–0.2 mm diameter). The columns were watered according to the treatments and supplied with nutrients only at the beginning of the experiment. Environmental conditions were set at 28/24°C (day/night), 70/60% relative humidity (day/night) and a 12 h photo period with 600  $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  light intensity. After physiological measurements, plants were harvested at the V5 stage and root samples were scanned (Epson, Expression 1640 XL) using the transmissive mode at a resolution of 600 dpi. The scanned images were digitally analyzed using the WinRhizo Pro software (Réagent Instruments, Québec, Canada).

### Results and discussion

Among the traits reported herein, only the carbon exchange rate (CER) and the leaf area-to-root length ratio showed significant genotype-by-water treatment interactions. Leaf area and overall root length did not differ significantly between CML444 and SC-Malawi. However, CML444 had a tendency of a higher leaf area and a lower root

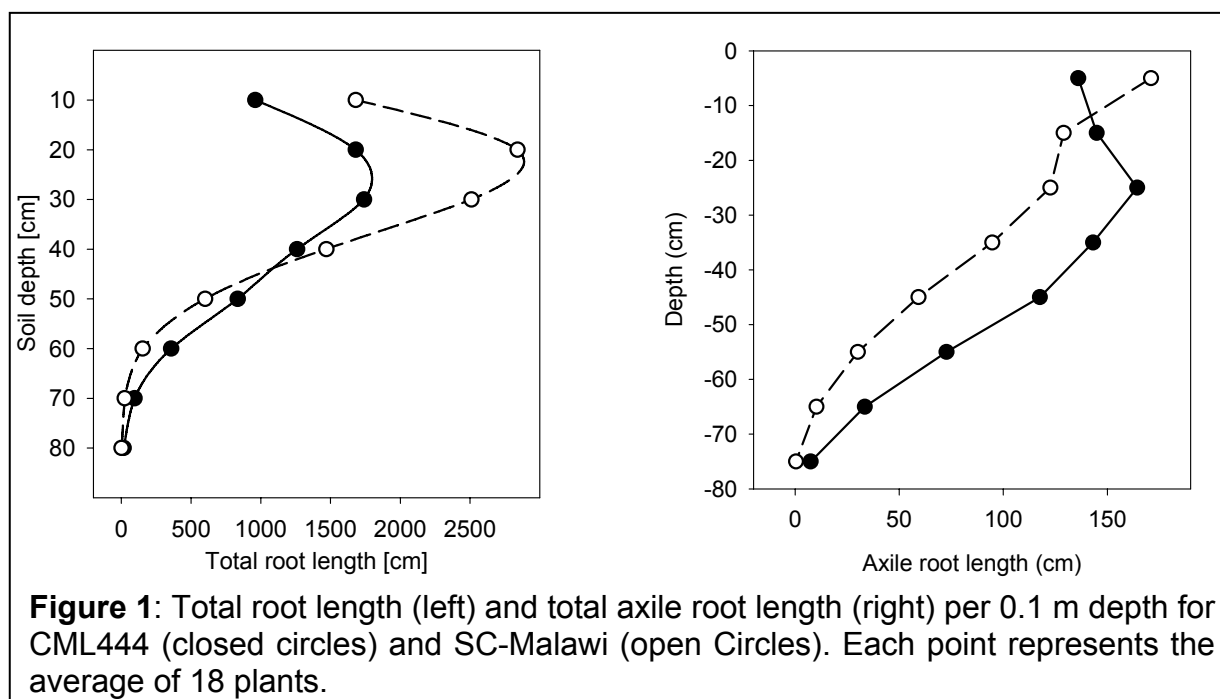
**Table 1:** Mean values of the carbon exchange rate (CER) and the leaf area-to-root length ratio (LA/RL) at well watered (ww) 100 water holding capacity and at water stress (ws) 25 % water holding capacity.

	ws		ww	
	CML444	SC-Malawi	CML444	SC-Malawi
LA/RL ( $\text{cm}^2/\text{cm}$ )	0.0281 a <sup>1)</sup>	0.0212 b	0.0584 a	0.03507 b
CER ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ )	16.3 a	10.08 b	18.0 a	16.5 a

<sup>1)</sup> Values with the same letter within row and water regime are not significantly different from each other ( $P = 0.05$ ).

Institut für Pflanzenwissenschaften - ETH Zürich - LFW - Universitätsstr. 2 - CH 8092 Zürich (Schweiz)

<sup>1</sup> Institut für Pflanzenwissenschaften - ETH Zürich - Eschikon 33 - CH 8315 Lindau (Schweiz)



length, leading to a significant higher leaf area-to-root length ratio (Table 1). The CER of both genotypes was equal at ww, but was reduced by 38% under ws for SC-Malawi. CML444's ability to maintain a high CER can be explained by its better ability to extract water. While, SC-Malawi proliferated most of its roots in the top 0.4 m of the column, CML444 increased its root system this depth (Figure 1a). Morphologically, SC-Malawi proliferated more lateral roots while CML444 formed a higher portion of axile roots (compare Figure 1 a and b). The total length of axile (main) roots of CML444 below 0.4 m was almost twice as much as that of SC-Malawi. Consequently, CML444 was able to extract more water compared to SC-Malawi (data not shown) without investing in a vast amount of lateral roots.

The hypothesis that deep rooting facilitates drought escape is long standing and was shown for rice, sorghum and lettuce. Here we report the first example of differences in rooting depth and its relation to water uptake in maize. Our observation that more roots in the upper part of the soil might not be favorable for drought-prone environments is consistent with the fact that eight cycles of selection under drought conditions resulted in a decrease of root length density in the upper 50 cm of the soil (Bolaños et al. 1993) and old genotypes use more water in the upper part of the soil than contemporary genotypes (Campos et al. 2004). Thus, depth and intensity of rooting, and the timing of water extraction are important target traits for improving drought avoidance strategies in maize. However, it needs to be elucidated if this strategy leads to payoffs due to limited extractability of immobile nutrients like P in nutrient poor soils.

## Literature

- Bolaños, J., Edmeades, G.O., Martinez, L. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. III. Responses in drought-adaptive physiological and morphological traits. *Field Crops Res.* 31 269-286.
- Campos, H., Cooper, M., Habben, J.E., Edmeades, G.O., Schussler, J.R. 2004. Improving drought tolerance in maize: a view from industry. *Field Crops Res.* 90, 19-34.



## **Wurzeleigenschaften Schweizer Maislandsorten und deren Jugendentwicklung unter kühlen Bedingungen**

Roland Peter, Peter Stamp<sup>1</sup> & Markus Liedgens

### **Einleitung**

Das gemäßigte Klima in Mitteleuropa ist durch kühle Temperaturen im Frühjahr gekennzeichnet, welche für Wärme liebende Pflanzen wie Mais (*Zea mays* L.) den Anbau einschränken. Bei Temperaturen unter 15 °C wird das Maiswachstum v.a. im Jugendstadium stark verzögert (Stamp 1985), unter 10 °C treten starke Blattschäden auf und die Ausfallrate steigt rasch an. Diese Sensibilität auf kühle Temperaturen ist für den Blattapparat bereits intensiv untersucht und auch auf physiologischer Ebene eingehend beschrieben worden (Foyer et al. 2002). Es wurde zudem festgestellt, dass nördliches Flintmaterial im Vergleich zu Dent verbreitet eine bessere Toleranz gegenüber kühlen Temperaturen zeigt bzw. diesbezüglich eine größere genetische Variabilität aufweist. Während eine Einengung des Züchtungsmaterials für Kühltoleranz und Jugendwüchsigkeit angenommen werden muss, kann vermutet werden, dass traditionell angebaute Maislandsorten aus verschiedenen Alpentälern der Schweiz sich an die Umwelten ihrer Herkunftsstandorte anpassen konnten und gerade auch in Bezug auf ihre Jugendentwicklung große Variabilität bezüglich Kühltoleranz konserviert haben. Neben Adaptationen der Sprosseigenschaften stellt sich die Frage, wie weit sich das Wurzelwerk von solchen Populationen angepasst hat und welchen Beitrag es für ein verbessertes Wachstum unter kühlen Bedingungen liefert. Ziel dieser Studie war es, verschiedene Schweizer Maislandsorten bezüglich ihrer Spross- und Wurzelausprägung unter moderatem Kühlestress zu untersuchen und typische Unterscheidungsmerkmale ausfindig zu machen.

### **Material und Methoden**

In einem Klimakammerversuch wurden 63 Maisakzessionen aus der nationalen Genbank der Schweiz und drei Hybriden von CIMMYT (CL, CS) zusammen mit einer modernen Hybridsorte (MA) auf die Ausbildung ihres Sprosses und ihres Wurzelsystems unter kühlen Bedingungen untersucht. Die schweizer Akzessionen können nach ihrer geographischen Herkunft in sieben Gruppen eingeordnet werden: Hinter- (HR) und Vorderrhein (VR), Rhein- (RT) und Linthtal (LT), Bergell/Puschlav (PB), Wallis (VS) und Tessin (TM). Keimlinge wurden in 0.6 m lange Röhren eingesetzt, die mit einem Sand-Vermiculit-Gemisch gefüllt waren und bei 15°/13 °C (Tag/Nacht) bis zum Dreiblattstadium der Hybridsorte angezogen. Neben den Sprossparametern Blatt-, Stengel- und Gesamtsprossbiomasse (SDW), Blattfläche (LA) und SPAD-Index konnten folgende Wurzelparameter erfasst werden: Anzahl und Länge der einzelnen Wurzelachsen (Primär-, Seminal- und Kronwurzeln), Gesamtlänge der Wurzelachsen (TLE), Länge der Wurzelachsen mit Lateralwurzeln (LLE) und Biomasse (RDW). Der Versuchsplan bestand aus vier vollständig randomisierten Blöcken und wurde mittels Varianzanalyse mit PROC MIXED (SAS®) ausgewertet.

---

Institut für Pflanzenwissenschaften - ETH Zürich - Eschikon 33 - CH 8315 Lindau (Schweiz)

<sup>1</sup> Institut für Pflanzenwissenschaften - ETH Zürich - LFW - Universitätsstr. 2 - CH 8092 Zürich (Schweiz)

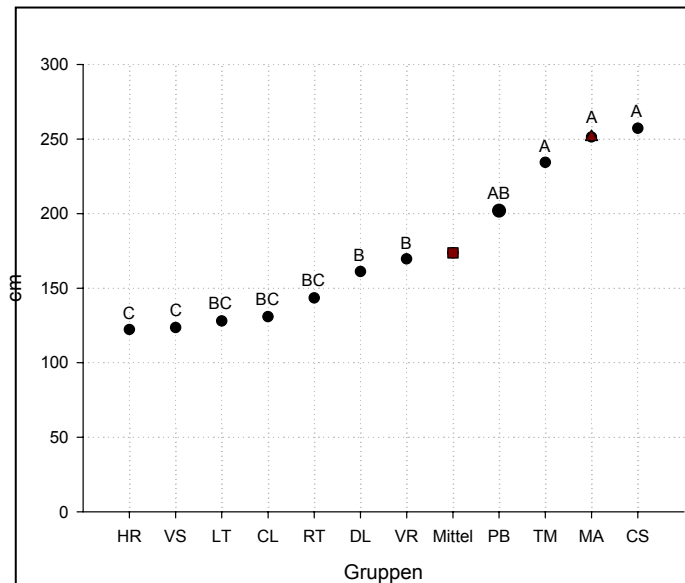
## Ergebnisse und Diskussion

Die wichtigsten sechs Spross- und Wurzelmerkmale zeigen, dass vor allem Wurzellängenparameter und Blattfläche, nicht jedoch für Spross- und Wurzelbiomassen, Gruppenunterschiede (GR) aufweisen (Tab. 1). Dies deutet darauf hin, dass unter dem Langzeit-Kühlestress die Massenbildung aller Gruppen in ähnlichem Masse beeinträchtigt wurde. Die unterschiedlichen Blattflächen belegen hingegen eine morphologische Anpassungsbandbreite. Die Resultate der beiden Wurzelachsenparameter TLE und LLE zeigen, dass im untersuchten Material kontrastierende Wurzelarchitekturen vorliegen.

**Tab. 1:** P-Werte der Effekte der Akzessionsgruppen (GR) auf Spross- und Wurzelparameter der Maispflanzen im Dreiblattstadium unter Kühlestress.

	LA	LLE	RDW	SDW	SPAD	TLE
GR	0.025	0.0001	0.495	0.076	0.192	0.0001

Der massgebende Wurzelparameter TLE (Abb. 1) zeigt, dass die Standardhybride MA, die exotische Hybride CS und die südliche Gruppe TM deutlich längere Hauptwurzelsysteme bilden als die meisten Gruppen nördlicher Herkunft (z.B. HR, LT oder RT). Da keine signifikanten Unterschiede der Wurzelbiomasse festgestellt wurden, ist zu vermuten, dass auch die Lateralbewurzelung sowie die Wurzeldurchmesser unter diesen Bedingungen verschiedene Gruppeneigenschaften aufweisen.



**Abb. 1:** Gesamtlänge der Wurzelachsen. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen ( $\alpha = 0.05$ ) nach t-Test.

Diese bedeutende Variabilität zwischen Herkunftsgruppen, lässt auf unterschiedliche Adaptationen der Jugendentwicklung unter kühlen Bedingungen schließen. In einem weiteren Schritt sollen weitere Wurzelparameter in die Analyse einbezogen werden. Erste Untersuchungen aus Feldexperimenten weisen darauf hin, dass eine Maispflanze mit langen Wurzelachsen im späteren Jugendwachstum keinen Entwicklungsvorteil hat.

## Literatur

- Foyer, C. H.; H. Vanacker; L.D. Gomez und J. Harbinson 2002: Regulation of photosynthesis and antioxidant metabolism in maize leaves at optimal and chilling temperatures: review. *Plant Physiology and Biochemistry* 40: 659-668.
- Stamp, P. 1985: Seedling vigour of tropical highland maize at different temperatures. *Journal of Agronomy and Crop Science* 154: 1-4.

## Untersuchungen zum Wachstum und zur Entwicklung von jungen Wurzeln der Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.)

Babette Wienforth, Michael Kohl & Henning Kage

### Einleitung

Eine vollständige Quantifizierung der strukturellen Charakteristika von Wurzeln, die über die Erhebung von statisch-aggregierten Parametern, wie z.B. Gesamtwurzellänge und Trockenmasse hinausgeht ist nur an komplett erhaltenen Wurzelsystemen möglich. Ein zerstörungsfreies Arbeiten mit in Boden kultivierten Pflanzen ist aber kaum leistbar, da vor allem Seitenwurzeln höherer Ordnungen abreißen und teilweise sogar verloren gehen können. Aus diesem Grund wurde im Rahmen einer Masterarbeit ein Nährlösungsversuch an juvenilen Sommergerstenwurzeln (*Hordeum vulgare* L.) durchgeführt. Neben der Bereitstellung von Daten zur Parametrisierung eines Wurzelsystem-Architekturmodells (siehe Kohl et al. 2006) war ein weiteres Ziel dieser Arbeit Methodiken zur Strukturanalyse von Wurzeln zu etablieren und zu verbessern.

### Material und Methoden

In einer randomisierten Blockanlage wurde ein einfaktorieller (Erntetermin) Nährlösungsversuch (NL) mit acht Wiederholungen über einen Zeitraum von 21 Tagen im Gewächshaus durchgeführt. Die erreichte Temperatursumme betrug 392°C. Die durchschnittliche Tagesmitteltemperatur der Luft belief sich auf 17,8°C und die mittlere Nährlösungstemperatur betrug 20,4°C.

Die Gerstensamen wurden nach dem Quellen in Keimboxen vorgekeimt, dann in einer Sandkultur angezogen und schließlich neun Tage nach Aussaat in die NL überführt. Die Beprobung der Pflanzen erfolgte destruktiv. Die geernteten Pflanzen wurden gescannt und die Scannbilder (Graustufen- und Schwarzweißbilder) schließlich mit WinRhizo 2003b ausgewertet (Abb. 1).



**Abb. 1:** Automatisierte Bestimmung der Ordnungen einer 13 Tage alten Sommergerstenwurzel mit Hilfe von WinRhizo 2003b.

Zur Beschreibung der Wurzelsystemarchitektur wurden unter anderem folgende Parameter erhoben: Segmentlängen und -durchmesser innerhalb der Ordnungen; die Konnektivität, also die Zuordnung eines Segments zu seinem jeweiligen Elter- und Geschwistersegment; sowie die Wurzellängen der Ordnungen. Um die Veränderung dieser Parameter in der exponentiellen Wachstumsphase genau charakterisieren zu können, wurde mit hoher zeitlicher Auflösung beprobt (ca. im zweitägigen Rhythmus).

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Genauigkeit der automatisierten Messung hängt zum einen von der Qualität der Scannbilder und zum anderen vom Alter, also von der Größe des Wurzelsystems ab. Die Bestimmung der Parameter Gesamtwurzellänge (GWL) und Segmentlänge an Hand von Graustufenbildern (GS) führte zu einer ca. 20-30%igen Überschätzung der GWL im Vergleich zur manuell durchgeführten Referenzmethode, während eine Analyse der Schwarzweißbilder (SW) nur eine Unterschätzung von ca. 2-6% der GWL zur Folge hatte. Im Gegensatz dazu war die Qualität der Segmentdurchmesser-messung mit Hilfe der GS besser.

Des Weiteren zeigte sich, dass eine Bestimmung der Ordnungen sowie der Konnektivität (anhand von SW) schon ab dem 13. Tag nach Aussaat nicht mehr vollautomatisiert und auch nur noch schlecht manuell leistbar war. Um dieses Problem zu beheben, müssten weitere Vorarbeiten beim Einscannen der Bilder geleistet werden. Hierzu könnten zählen Vermeidung von Überkreuzungen der Wurzeln, strukturiertes Aufteilen der Wurzelstränge in kleinere Unterteile oder das Ausbreiten der Wurzel in einem stärker viskosen Medium, um der Eigenspannung der Wurzeln entgegenwirken zu können.

Die aus diesem Versuch gewonnenen Daten sollen in Kombination mit aus Feldversuchen abgeleiteten aggregierten Parametern der räumlichen Verteilung von Wurzeln, wie die Wurzellängendichte sowie deren Variationskoeffizient (Kohl und Kage 2005), zur Parametrisierung eines Wurzelsystemarchitekturmodells beitragen. Durch die Kopplung eines solchen Modells mit einem Stofftransportmodell können dann Rückschlüsse über die Auswirkungen einzelner Strukturparameter auf die Funktionalität des gesamten Wurzelsystems gezogen werden.

### **Literatur**

- Kohl, M. et al. 2006. Modellierung von Architektur und Nährstoffaufnahme von Wurzelsystemen am Beispiel von Sommergerste. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18, xxx-xxx.
- Kohl, M. u. Kage, H. 2005. Ansätze zur Abschätzung des Einflusses der Wurzelsystemarchitektur auf die Nährstoffaufnahme der Pflanze. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, 381-382.
- WinRhizo, 2003b Basic, Reg and Pro. Régent Instruments Inc.

## **Einfluss erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (FACE) auf das Wurzelwachstum von Zuckerrübe und Winterweizen**

Andreas Pacholski, Remy Manderscheid<sup>1</sup> & Hans-Joachim Weigel<sup>1</sup>

### **Einleitung**

Im Rahmen des in den Jahren 1999-2005 laufenden „Braunschweiger Kohlenstoffprojektes“ wurde der Kohlenstoffhaushalt landwirtschaftlicher Flächen am Beispiel einer Fruchtfolge Wintergerste (*Hordeum vulgare*) - Zwischenfrucht Weidelgras (*Lolium multiflorum*) - Zuckerrübe (*Beta vulgaris*) - Winterweizen (*Triticum aestivum*) unter heutigen und zukünftigen atmosphärischen Bedingungen (erhöhte CO<sub>2</sub> Konzentration) untersucht (Weigel and Dämmgen 2000). Die zukünftigen Klimabedingungen wurden mit Hilfe einer FACE (Free Air Carbon dioxide Enrichment)-Anlage unter Feldbedingungen auf einer Gesamtfläche von 600 m<sup>2</sup> simuliert. Das Hauptaugenmerk der Untersuchungen lag auf der Reaktion der Biomasseentwicklung der Fruchtfolgeglieder auf die erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen. Hier werden Wurzelbiomasseentwicklung und C/N-Verhältnisse der Wurzeln für die beiden letzten Fruchtfolgeglieder Zuckerrübe und Winterweizen vorgestellt.

### **Material und Methoden**

Der experimentelle Aufbau des FACE-Versuches mit insgesamt 6 kreisförmigen Flächen (Durchmesser 20 m) umfasste je zwei Ringe mit CO<sub>2</sub>-Anreicherung (FACE, 550 ppm), mit Umgebungsluft (Kontrolle, ca. 370 ppm) und ohne Gebläse (ca. 370 ppm) mit je zwei Düngungsvarianten (N100 konventionell, N50 50%). Die Applikation der N-Düngung erfolgte je hälftig in jedem Ring. Oberhalb einer Windgeschwindigkeit von 6.5 m s<sup>-1</sup>, in den Nachtstunden und unterhalb von Tagestemperaturen von +5 °C erfolgte keine CO<sub>2</sub>-Anreicherung. Die Bodenwassergehalte wurden durch zusätzliche Wasserversorgung über einen Linearberechner >50% nFK gehalten. Die Zuckerrübe wurde am 14. April 2004 ausgesät. Nach einem sich insgesamt im Rahmen langjähriger Mittel bewegenden Witterungsverlauf wurden die Rüben am 15. Oktober 2004. gerodet. Nach Pflugbearbeitung erfolgte die Aussaat des Winterweizens am 24. Oktober 2004. Geerntet wurde nach einem relativ milden Winter und einem trocken-warmen Frühsommer am 28. Juli 2005. Die Wurzeluntersuchungen wurden nur in den Flächen mit FACE-System (Ringe mit Expositionsanlage) durchgeführt. Die Beprobung der Feinwurzelbiomasse wurde mit einem Eijkelkamp-Wurzelbohrer (Durchmesser 7 cm, 15 cm Tiefe) durchgeführt. Dabei wurden in jedem Quadranten eines Ringes 4 Bodenproben entnommen und zu einer Mischprobe zusammengefasst. Die Feinwurzel-trockenmassen wurden nach Bestimmung des gravimetrischen Wassergehaltes durch Aufschlammung, Aussiebung (0.63 mm) und Handauslesung (Trocknung bei 75 °C) ausgewogen. C- und N-Gehalte der Wurzeln wurden durch Veraschung in einem LECO TruSpec CHNS Mikroelementaranalysator ermittelt. Die Beprobungstiefe war in der Regel 0-30 cm. Im Winterweizen wurde auch an zwei Terminen die Tiefe 30-60 cm beprobt. Bei der Zuckerrübe wurden die Proben je 15 cm von einer Rübenpflanze entfernt, im Winterweizen genau zwischen den Reihen entnommen. Die statistische Auswertung (ANOVA) der Daten erfolgte mit dem R-Statistikpaket.

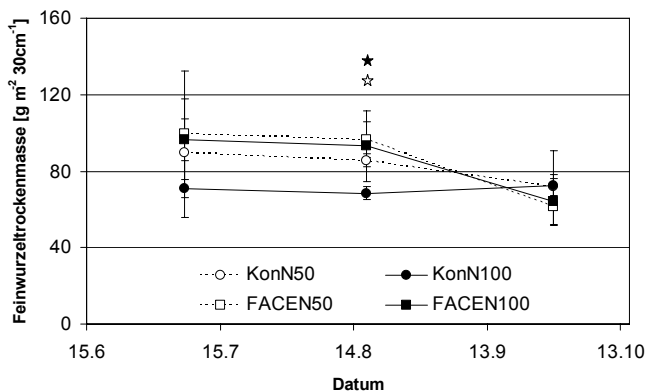
---

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Acker- und Pflanzenbau, Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, [Pacholski@pflanzenbau.uni-kiel.de](mailto:Pacholski@pflanzenbau.uni-kiel.de)

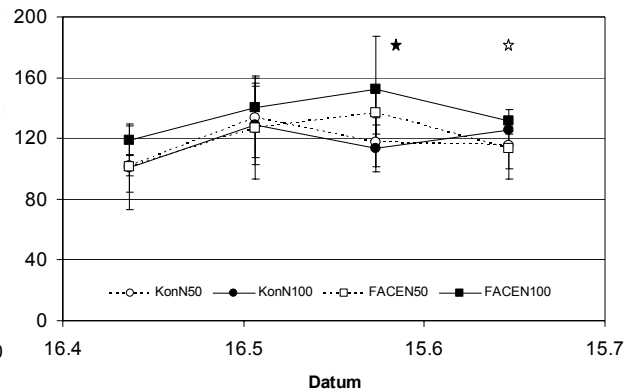
<sup>1</sup> Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

## Ergebnisse und Diskussion

Bei der Zuckerrübe (Abb. 1) konnte für die Beprobung im August eine signifikante Stimulation der Feinwurzelbiomasse unter FACE ermittelt werden (+24.4%). Am selben Beprobungstermin konnte eine signifikante Aufweitung des C/N-Verhältnisses unter FACE festgestellt werden. Die N-Behandlung zeigte nur bei der letzten Probennahme einen Effekt. Für die ersten beiden Beprobungen im Winterweizen konnten eine statistisch nicht signifikante Erhöhung der ermittelten Wurzel-trockenmassen (0-30 cm) unter FACE festgestellt werden (Abb. 2). Für die Beprobung Anfang Juni konnte sowohl ein signifikanter positiver Effekt erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentrationen als auch der N-Düngung statistisch abgesichert werden (FACE +25.7%). Neben der reduzierten N-Düngung (N50) führte FACE zu einer signifikanten Aufweitung des C/N-Verhältnisses in den Wurzelproben bei konventioneller Düngung (N100) der 0-30 cm und der 30-60 cm Bodenschichten. Die Aufweitung war dabei ungefähr genauso stark ausgeprägt wie bei Reduzierung der N-Düngung. Ebenso wie bei der Zuckerrübe konnte ein signifikanter positiver Effekt von FACE auf die Bodenwassergehalte in 0-30 cm und auch 30-60 cm Tiefe in Winterweizen zu nahezu allen Probenahmeterminen festgestellt werden.



**Abb. 1:** Feinwurzelrockenmasse FACE-Versuch Braunschweig, Zuckerrübe 2004



**Abb. 2:** Feinwurzelrockenmasse FACE-Versuch Braunschweig, Winterweizen 2005

(±Standardabweichung; gefülltes Symbol = signifikanter FACE-Effekt ( $p < 0.05$ ), leeres Symbol = signifikanter Effekt der N-Düngung ( $p < 0.05$ ))

Sowohl bei der Zuckerrübe als auch beim Winterweizen wurde eine Stimulation des Wurzelwachstums unter FACE um je ca. 25% festgestellt. Auch durch Wechsung et al. (1999) wurde eine Stimulation des Wurzelwachstums durch erhöhte CO<sub>2</sub>-Gehalte bei Winterweizen von bis zu +37% ermittelt. In guter Übereinstimmung mit FACE-Resultaten für oberirdische Biomasse waren signifikante Effekte erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf die Wurzelbiomasse erst bei höheren Umgebungstemperaturen festzustellen. Entgegen eines theoretisch höheren FACE-Effektes bei Zuckerrübe auf Grund höherer Umgebungstemperaturen in der Wachstumsperiode war der FACE-Effekt bei beiden untersuchten Feldfrüchten gleich stark ausgeprägt.

## Literatur

Wechsung, G., Wechsung, F., Wall, G.W., Adamsen, F.J., Kimball, B.A., Pinter, J.R., Lamorte, R.L., Garcia, R.L., Kartschall, T.H. (1999). The effects of free-air CO<sub>2</sub> enrichment and soil water availability on spatial and seasonal patterns of wheat root growth. *Global Change Biology* 5(5): 519-529.

Weigel, H. J. and U. Dammggen (2000). The Braunschweig Carbon Project: Atmospheric flux monitoring and free air carbon dioxide enrichment (FACE). *Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik* 74(1-2): 55-60.

## **Ertragsbildung bei Zuckerrüben – Beziehung zwischen Blattbildung und Kambiumringbildung**

Sinje Kluge & Christa Hoffmann

### **Einleitung**

Für die Ertragsbildung von Zuckerrüben sind die Blattbildung und die Lichtinterzeption elementar. Die Ertragsbildung ist dabei wesentlich geprägt von der Ausbildung der Kambiumringe in der Rübe. Bereits drei Wochen nach Auflaufen der Zuckerrübe (2-4 Blatt-Stadium) erscheinen die ersten beiden Kambiumringe im Perizykel des primären Wurzelzylinders; nach sechs Wochen (12 Blatt-Stadium) sind sechs periphere Ringe vorhanden (Milford 1973). Induziert wird die Kambiumringbildung von der Blattbildung. Die Anzahl der Ringe und deren Abstand zueinander sind eng korreliert mit dem Zuckergehalt.

Eine Möglichkeit, die Blattbildung und damit verbunden die Lichtinterzeption zu fördern, ist eine Aussaat im Herbst. Die Pflanzen haben dann bereits Blätter und Kambiumringe gebildet, mit denen sie im Frühjahr eine höhere Lichtinterzeption und Zuckerspeicherung erreichen können. Eine verlängerte Vegetationsperiode durch eine Herbstaussaat könnte so zu einer Steigerung des Zuckerertrages führen.

Ziel der Untersuchung ist es zu klären, in welchem Maße eine Aussaat im Herbst die Ertragsbildung (Blattbildung, Kambiumringbildung, Zuckerspeicherung) beeinflusst und inwiefern die Anzahl der Blätter mit der Anzahl der gebildeten Kambiumringe korreliert ist.

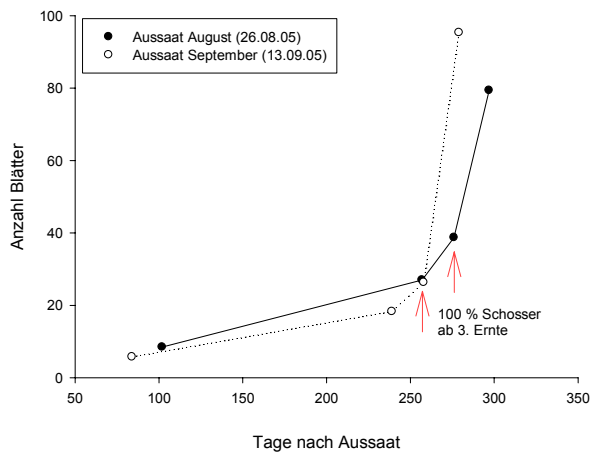
### **Material und Methoden**

Zuckerrüben wurden in einem Feldversuch mit drei Aussaatterminen in sechs Wiederholungen angebaut, wobei die Parzellengröße 21,6 m<sup>2</sup> betrug und etwa 80 – 100 Pflanzen pro Parzelle wuchsen. Aufgrund von Frostschäden konnten die Pflanzen des dritten Aussaattermins (6.10.05) nicht geerntet werden.

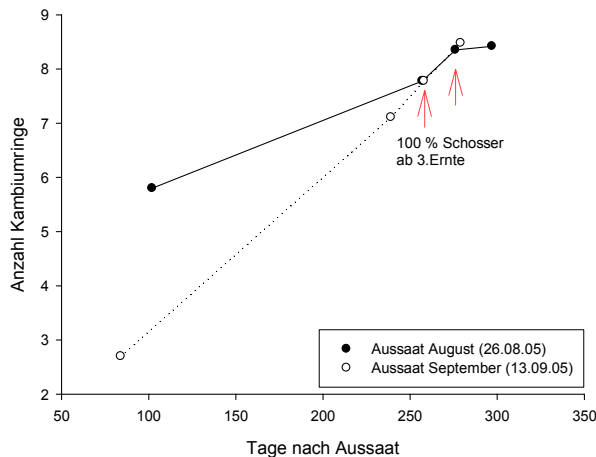
Um die Ertragsbildungsprozesse beobachten zu können, wurden vier Zeiternten durchgeführt (06.12.05, 10.05.06, 29.05.06 und 19.06.06). Bei der Aufbereitung der Proben wurden aus arbeitstechnischen Gründen nur anhand von jeweils zehn zufällig ausgewählten Pflanzen pro Parzelle die Anzahl Blätter, Kambiumringe, Länge und Durchmesser des Rübenkörpers sowie Einzelgewicht der Rübenpflanze ermittelt.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Während des gesamten Untersuchungszeitraum nahm die Anzahl der gebildeten Blätter zu (Abb. 1). Die Rüben der Augustaussaat hatten im Dezember, etwa 100 Tage nach Aussaat, acht Blätter gebildet. Im Frühjahr waren, 257 Tage nach Aussaat, 27 Blätter vorhanden. Ab der dritten Ernte war der Bestand zu 100 % geschosst, was den rapiden Anstieg der Blätter ab 276 Tage (29. Mai 06) nach Aussaat erklärt. Der Kurvenverlauf der Anzahl Blätter war bei der Septembraussaat ähnlich, wobei hier im Dezember (84 Tage nach Aussaat) etwa drei Blätter und im Frühjahr (239 und 258 Tage nach Aussaat) zehn Blätter weniger vorhanden waren als bei den im August gesäten Rüben.



**Abb. 1:** Anzahl Blätter von Zuckerrüben im Vegetationsverlauf in Abhängigkeit vom Aussaattermin



**Abb. 2:** Anzahl Kambiumringe von Zuckerrüben im Vegetationsverlauf in Abhängigkeit vom Aussaattermin

Ab der dritten Ernte waren auch die Rüben der Septembraussaat zu 100 % geschosst. Der rapide Anstieg der Anzahl Blätter ist bei beiden Aussaatterminen durch den Übergang der Rüben vom vegetativen zum generativen Wachstum zu erklären. Im Dezember hatten die Rüben der Augustaussaat im Mittel 5,8 Kambiumringe gebildet (Abb. 2). Im Frühjahr konnte ein Zuwachs von zwei Ringen auf etwa acht ermittelt werden.

Im Dezember hatten die Rüben der Septembraussaat im Mittel etwa drei Ringe weniger gebildet als die im August gesäten Rüben. Im weiteren Vegetationsverlauf zeigten die Rüben beider Aussaattermine eine ähnliche Entwicklung der Anzahl Kambiumringe. Im Dezember war bei den im August gesäten Rüben pro Blatt ein Ring und bei den im September ausgesäten Rüben pro zwei Blätter ein Ring gebildet worden. Im Verlauf des Frühjahrs nahm die Anzahl Blätter pro Kambiumring zu.

Dies deutet darauf hin, dass sich die enge Beziehung zwischen Blatt- und Kambiumringbildung, wie man sie im frühen Stadium der Pflanzenentwicklung findet (pro Kambiumring etwa zwei Blätter), im Laufe der Vegetation verliert. Es werden zwar noch neue Blätter gebildet, die aber keine Kambiumringbildung induzieren. Im Mai war die Ringbildung nahezu abgeschlossen. Dies ist möglicherweise durch den Übergang der Pflanzen vom vegetativen zum generativen Stadium zu erklären. Eine Aussaat im Herbst führt dazu, dass im zeitigen Frühjahr bereits die wichtigsten Anlagen für die Ertragsbildung bei Zuckerrüben, Blattfläche zur Lichtinterzeption sowie Kambiumringe zur Zuckerspeicherung, vorhanden sind und nicht erst aufgebaut werden müssen. Dies bietet einen enormen Vorteil im Bezug auf die Ertragsbildung, wenn es möglich wäre, schossresistente Rüben zu züchten.

#### Literatur:

Milford, G.F.J. (1973): The Growth and development of the storage root of sugar beet. Ann. appl. Biol, 75, 427-438.



## Optimierung der Bewässerung für ein Winterweizen-Körnermais-Double-Cropping System in der Nordchinesischen Tiefebene

Jochen Binder<sup>1</sup>, Simone Graeff<sup>1</sup>, Wilhelm Claupein<sup>1</sup>,  
Ming Liu<sup>2</sup>, Minghong Dai<sup>2</sup> & Pu Wang<sup>2</sup>

### Einleitung

Die Nordchinesische Tiefebene (NCP) zählt ackerbaulich zu den wichtigsten Agrarregionen in China. Traditionell wird ein intensives Winterweizen-Körnermais-Double-Cropping System mit zwei Ernten pro Jahr betrieben. Aufgrund der geringen (550 – 650 mm) sowie saisonal beschränkten Niederschläge (50 –70 % fallen im Juli und August) ist eine Bewässerung von Winterweizen erforderlich. Die in den letzten Jahren mengenmäßig stark angestiegene Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen führte zu einer drastischen Absenkung des Grundwasserspiegels. In Verbindung mit dem zeitgleich gestiegenen Wasserverbrauch durch Industrie und private Haushalte wird dieser Trend verstärkt. Ziel der vorliegenden Studie ist eine modellgestützte Abschätzung einer möglichen Reduzierung der Bewässerungsmenge für Winterweizen ohne wesentliche Ertragsrückgänge im Double-Cropping System von Winterweizen und Körnermais.

### Material und Methoden

Die Abschätzung einer möglichen Reduzierung der Bewässerung erfolgte mit den unter DSSAT V. 4.0 integrierten Modellen CERES-Maize und CERES-Wheat (Jones et al. 2003). Für die Evaluierung von DSSAT wurden Versuchsdaten von Böning-Zilkens (2004) herangezogen. Durchgeführt wurde der Versuch im Zeitraum 1999 - 2002 (drei Vegetationsperioden und sechs Ernten) auf der Versuchstation Dongbeiwang in der Nähe von Peking (40° N, 116,3° O). Insgesamt lagen die Niederschläge in den drei Untersuchungsjahren (448, 366 und 520 mm) unter dem langjährigem Mittel (627 mm). Die durchschnittliche Jahrestemperatur lag bei 11.6, 11.5 und 11.7 °C und unterschied sich kaum vom langjährigem Mittel (11.5 °C). Die Winterweizensorte Jindong 8 wurde jeweils Anfang Oktober mit einem Reihenabstand von 15 cm ausgesät. Angestrebt wurde eine Bestandesdichte von 480 Pflanzen je m<sup>2</sup>. Die Weizenernte erfolgte Anfang Juni. Anschließend wurde die Sommermaissorte Jingkeng 114 mit einer Saatstärke von 6 Pflanzen je m<sup>2</sup> und einem Reihenabstand von 70 cm ausgesät. Die Maisernte erfolgte Anfang Oktober. Getestet wurden drei verschiedene Düngungs- und Bewässerungsstufen. In der vorliegenden Studie wurden nur die Daten für die optimierte Düngungsvariante herangezogen, da der Schwerpunkt der Analyse auf der Bewässerung lag. Die drei Bewässerungsvarianten umfassten ein traditionelles, ein optimiertes und ein suboptimales System (Tab. 1). Das traditionelle Bewässerungssystem mit einer hohen Bewässerungsmenge entspricht der landwirtschaftlichen Praxis in der NCP. Die optimierte Bewässerung basierte auf der

**Tab. 1:** Bewässerungsgaben (mm) zu Winterweizen in den Vegetationsperioden 1999/2000 bis 2001/2002

Variante	Vegetationsperiode		
	99/00	00/01	01/02
suboptimal	184	236	164
traditionell	330	384	347
optimiert	319	310	249

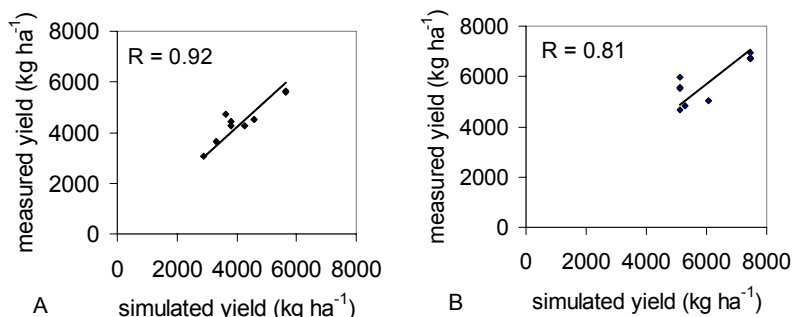
<sup>1</sup> Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Fruwirthstraße 23, Universität Hohenheim, Germany

<sup>2</sup> China Agricultural University, Department of Agronomy (243), Yuan Mingyuan West Road 2, 100094 Beijing, P.R. China

Messung des Bodenwassergehaltes mit dem Ziel die Feldkapazität zwischen 45 und 80 % zu halten. Die suboptimale Bewässerung war um 1/3 im Vergleich zur optimierten Variante reduziert und wurde als Kontrollvariante genutzt. Tabelle 1 zeigt die verschiedenen Bewässerungsmengen der einzelnen Vegetationsperioden. Zu Sommermais wurde nicht bewässert, da während der Vegetationsperiode ausreichend Niederschläge fielen. Für die Modellevaluierung wurde eine Vielzahl an Eingabeparametern benötigt. Hierzu zählten allgemeine Produktionsdaten wie z.B. Sorte, Reihenabstand, Düngung, Bewässerung usw. sowie biotische und abiotische Standortparameter wie z.B. die Bodenparameter Bodentyp, Lagerungsdichte, Bodenwassergehalt, etc. und Wetterdaten (Niederschlag, Minimum- und Maximumtemperatur, Einstrahlung). Bei der Bewertung einer möglichen Reduzierung der Bewässerung wurden die Bewässerungstermine beibehalten und ausschließlich die Bewässerungsmengen zu den verschiedenen -terminen verändert.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Modellevaluierung (Abb. 1) zeigten eine gute Übereinstimmung zwischen simulierten und gemessenen Ertrag. Der Korrelationskoeffizient (R) lag für Winterweizen bei 0.92 und für Sommermais bei 0.81. Der „root mean square error (RMSE)“ betrug für Weizen 466 und für Sommermais 667. Die Simulation verschiedener Bewässerungsmengen zeigte ein Einsparungspotential von bis zu 97 mm bei einem max. Ertragsrückgang von 5 %. Die veränderte Bewässerung des Weizens hatte keinen Einfluss auf den Ertrag des nachfolgenden Sommermais.



**Abb. 1:** Simulierter vs. gemessener Winterweizen- (A) und Sommermaiskornertrag (B) (kg ha<sup>-1</sup>), in den Jahren 1999-2002.

### Zusammenfassung:

Die Ergebnisse der DSSAT-Modellierung zeigten ein starkes Einsparungspotential an Bewässerungswasser während der Vegetationsperiode des Winterweizens ohne starke Ertragsrückgänge im traditionellen Double-Cropping System der NCP. Künftige Untersuchungen sollten sich jedoch nicht nur auf die Bewässerungsmenge beschränken, sondern auch den Zeitpunkt der Bewässerung, sowie pflanzenbauliche Maßnahmen wie beispielsweise die Bestandesdichte einbeziehen, da diese einen großen Einfluss auf den Wasserbedarf haben.

### Literatur

- Böning-Zilkens, M.I. (2004): Comparative appraisal of different agronomic strategies in a winter wheat - summer maize double cropping system in the North China Plain with regard to their contribution to sustainability. Diss, Institute of Crop Production and Grassland Research, University of Hohenheim
- Jones, J.W.; Hoogenboom, G.; Porter, C.H.; Boote, K.J.; Batchelor, W.D.; Hunt, L.A.; Wilkens, P.W.; Singh, U.; Gijsman, A.T.; Ritchie, J.T. (2003): The DSSAT cropping system model. *Europ. J. Agronomy* **18**, 235-265

## Charakterisierung verschiedener Weizensorten hinsichtlich ihrer Sensitivität auf Photoperiode und Vernalisation zur Validierung eines „Gen-Basierenden“ Modellierungsansatzes

Markus Herndl, Jeffrey W. White<sup>1</sup>, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

### Einleitung

Fortschritte in der Genetik und Biochemie eröffnen zahlreiche Möglichkeiten, ökophysiologische Modelle zu verbessern. Mehrere Veröffentlichungen neueren Datums zeigen detailliert den potentiellen Nutzen von genetischen Informationen für die Modellierung auf (White und Hoogenboom, 2003; Baenziger et al., 2004). Die „genetische Charakterisierung“ der so genannten sortenspezifischen Koeffizienten im Pflanzenwachstumsmodell „Beangro“ konnte bei *Phaseolus vulgaris* Mitte der 90er verwirklicht werden (White und Hoogenboom, 1996). Die Übertragung dieses Ansatzes auf Weizen im Pflanzenwachstumsmodell „CERES-Wheat“ wird momentan für die sortenspezifischen Koeffizienten P1V (Reaktion auf Vernalisation) und P1D (Reaktion auf Photoperiode) realisiert (White et al., 2006, in Vorbereitung). Um diese Methode zu validieren, werden an einem Standort unterschiedliche Weizensorten in einem Feldversuch auf ihre Reaktion auf Photoperiode und Vernalisation geprüft. Diese Daten sollen als Grundlage zur Validierung des „Gen-Basierenden Ansatzes“ dienen, der die sortenspezifischen Koeffizienten im Pflanzenwachstumsmodell „CERES-Wheat“ beschreibt.

### Material und Methoden

Im Versuchsjahr 2006 wurde in einem Feldversuch auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (48°74`N; 8°93`E, 8.1 °C; 694 mm) die Sensitivität von 9 Winterweizen- und 3 Sommerweizensorten hinsichtlich Photoperiode und Vernalisation quantifiziert. Die Sorten wurden unter Berücksichtigung der genetischen Insensitivität bzw. Sensitivität auf Photoperiode und Vernalisationsbedarf ausgewählt (Tabelle 1). Das Versuchsdesign war eine Spaltanlage mit Gitterstruktur der Kleinparzellen. Die Kleinteilstücke bestanden aus vier Vernalisationsstufen (VD 60, 30, 10, 0), die Großteilstücke aus 3 Pflanzterminen (04.03, 05.05, 07.06). Um den Vernalisationsbedarf quantifizieren zu können, wurde die Blattanzahl zu BBCH 39 (FLN) in den jeweiligen Varianten bestimmt. Um die Reaktion auf die unterschiedliche Tageslänge an den verschiedenen Aussaatterminen zu prüfen, wurden die Tage von Aufgang bis Zeitpunkt Ährenschieben/Blüte ermittelt. Die so gewonnenen Informationen wurden zusammen mit Management-, Boden- und Wetterdaten in das Pflanzenwachstumsmodell „CERES-Wheat“ eingegeben. Die Anwendbarkeit der genetischen Informationen als Input wird getestet, indem die Simulationsdaten den gemessenen Daten gegenübergestellt werden. Die Abweichung wird über den root mean square error (RMSE) quantifiziert.

**Tab.1:** Genetische Charakterisierung (0 rezessive/1 dominante Ausprägung; -99 fehlender Wert) der im Feldversuch geprüften Winter- bzw. Sommerweizensorten hinsichtlich Sensitivität auf Vernalisation (Vrn) und Photoperiode (Ppd).

Sorte	Locus							Datenquelle	
	Vrn-A1 Vrn1	Vrn-B1 Vrn2	Vrn-D1 Vrn3	Vrn-B4 Vrn4	Ppd-A1 Ppd3	Ppd-B1 Ppd2	Ppd-D1 Ppd1	Vrn loci	Ppd loci
Balkan	0	0	0	0	-99	-99	1	Wintertyp 1)	Gendatenbank
Bezostaya-1	0	0	0	0	-99	-99	1	Kosner und Pankova, 1998	Gendatenbank
Bounty	0	0	0	-99	-99	-99	0	John Snape (pers. Auskunft)	John Snape (pers. Auskunft)
Cappell Despre	0	0	0	-99	-99	-99	1	John Snape (pers. Auskunft)	John Snape (pers. Auskunft)
Dwarf Bezostaya	0	0	0	0	-99	-99	1	Pedigree 2)	Pedigree
INIA 66*	1	1	0	-99	-99	-99	1	Gendatenbank 3)	Pedigree
Lerma Rojo 64*	0	1	1	-99	-99	-99	1	Gendatenbank	Gendatenbank
Maris Templar	0	0	0	-99	-99	-99	0	John Snape (pers. Auskunft)	John Snape (pers. Auskunft)
Mironovskaya 808	0	0	0	0	0	0	0	Kosner und Pankova, 1998	Gendatenbank
Odesskaya 51	0	0	0	0	0	0	1	Wintertyp	Gendatenbank
Super X*	1	1	0	-99	-99	-99	1	Gendatenbank	Pedigree
Vakka	0	0	0	0	0	0	0	Wintertyp	Gendatenbank

\* Sommerweizensorte

1) Annahme, dass Winterweizensorten keine dominanten "Vernalisationsloci" aufweisen

2) Annahme, dass der Nachkomme den gleichen Locus besitzt, wenn die Elternlinien den Locus dominant/rezessiv aufweisen

3) <http://genbank.vurv.cz>, <http://www.shigen.nig.ac.jp>

## Ergebnisse und Diskussion

Zur Validierung des „Gen-Basierenden“ Modellierungsansatzes, wird der Effekt der jeweiligen Loci der sortenspezifischen Koeffizienten P1V und P1D in der „Gen-Basierenden“ Version des Pflanzenwachstumsmodells „CERES-Wheat“ durch eine lineare Gleichung geschätzt. Die allgemeine Gleichung lautet:  $P = a + bG$  wobei P der sortenspezifische Koeffizient und G der jeweilige Locus (Vrn/Ppd) ist. Im Feldversuch wird der Vernalisationsbedarf durch die FLN und die Reaktion auf Photoperiode durch Anzahl der Tage von Aufgang bis Ährenschieben quantifiziert. Der „tatsächliche“ Vernalisationsbedarf wird errechnet, indem die Anzahl der Blätter der VD 60 Variante (voll vernalisiert) als 100%, die Anzahl der Blätter der VD0 Variante (nicht vernalisiert) als 0% gesetzt wird. Die Anzahl der Blätter der anderen Varianten zeigen dann im Verhältnis den „tatsächlichen“ Vernalisationsbedarf. Die Reaktion auf die Photoperiode kann durch eine Klassifizierung der Tage von Aufgang bis Ährenschieben vorgenommen werden. Eine Verspätung um 50 Tage unter Kurztagsbedingungen im Vergleich zu Langtagsbedingungen weist auf eine photoperiodische Insensitivität, eine Verspätung von über 100 Tagen auf eine Sensitivität hin. Die im Feldversuch erhaltenen Daten (liegen dzt. noch nicht vor) werden abschließend mit der Simulation verglichen um eine Aussage über die Anwendbarkeit der genetischen Information als Input treffen zu können.

## Literatur

- Baenziger, P.S., McMaster, G.S., Wilhelm, W.W., Weiss, A., Hays, C.J., 2004. Putting genes into genetic coefficients. *Field Crops Res.* 90, 133–143.
- White, J.W., Hoogenboom, G., 1996. Simulating effects of genes for physiological traits in a process-oriented crop model. *Agron. J.* 88, 416–422.
- White, J.W., Hoogenboom, G., 2003. Gene-based approaches to crop simulation: past experiences and future opportunities. *Agron. J.* 95, 52–64.
- White et al., 2006. Preliminary title: Development and evaluation of a gene-based version of CSM-Cropsim-CERES that considers effects of the *Vrn* and *Ppd* loci on phenology of spring and winter wheat.

## Keimverhalten ausgewählter Flughafervarietäten (*Avena fatua* L.) in Abhängigkeit von Herkunft und Lagerungsdauer

David Hagen, Lothar Siebert, Bodo Hofmann & Olaf Christen

### Einleitung

Die Lebensdauer von Karyopsen des Flughafers (*Avena fatua* L.) im Boden ist wesentlich von den Lagerungs- und Keimbedingungen abhängig. Allgemein beträgt die Lebensdauer in Ackerböden weniger als 5 Jahre (Zwinger und Ammon 2002). Über die Lebensdauer der verschiedenen Flughafervarietäten ist bisher wenig bekannt geworden.

Mit den Untersuchungen wird deshalb das Ziel verfolgt, das Aufgangsergebnis wirtschaftlich relevanter Flughafervarietäten in Abhängigkeit von verschiedenen Erntejahren und Herkünften zu quantifizieren.

### Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten von März bis Mai 2006 unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus. Hierfür stand Saatgut aus den Jahren 1980 bis 2005 zur Verfügung, das bei Zimmertemperatur (rel. Luftfeuchte ca. 65 %) in Papierbehältnissen gelagert wurde. Als Substrat fand Komposterde (6,5 M.-% org. Substanz, Feldkapazität 32,4 Vol.-%, Permanenter Welkepunkt 12,4 Vol.-%) Verwendung. Folgende Prüffaktoren wurden einbezogen:

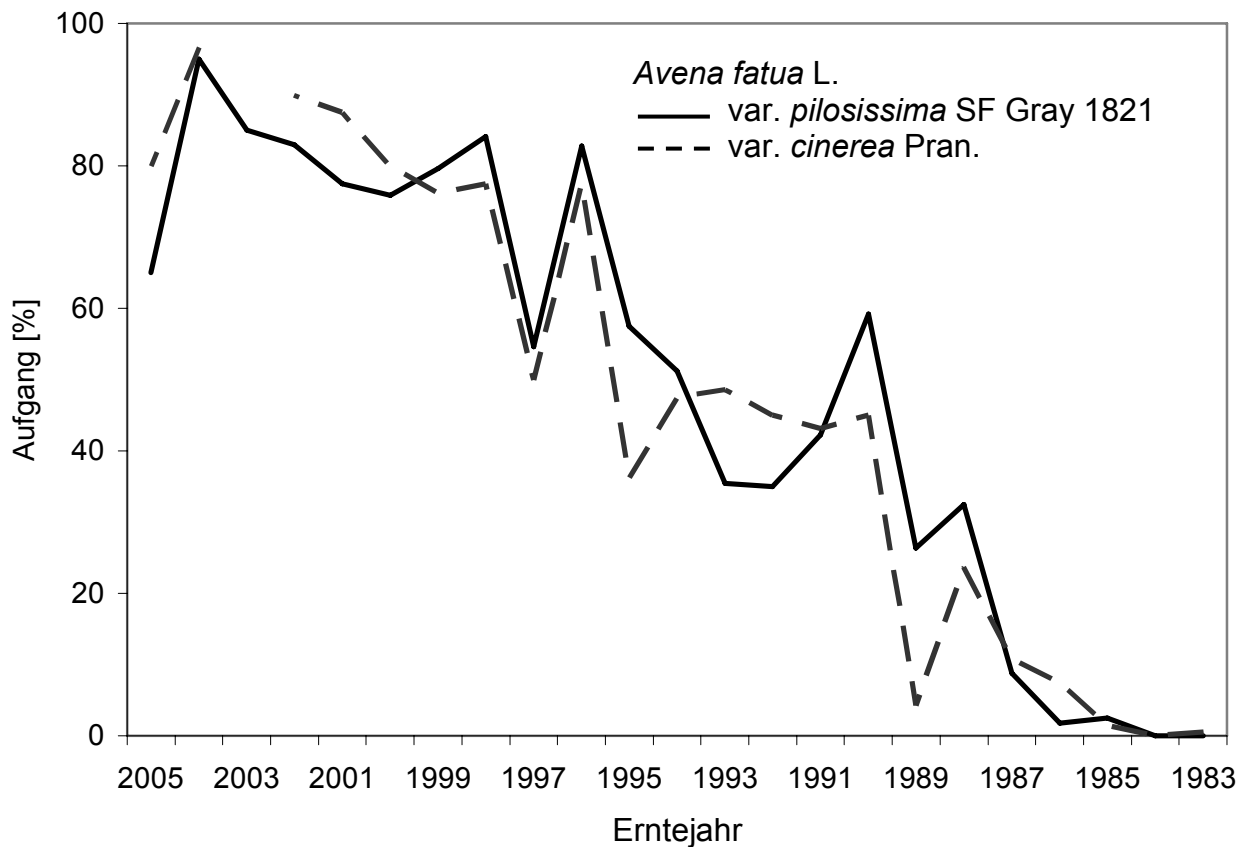
- Varietäten (2) *Avena fatua* L. var. *pilosissima*, *Avena fatua* L. var. *cinerea*,
- Erntejahre (23) 1983 bis 2005 und
- Herkünfte (5) Alluvialböden (Al 1 - 3), Lößböden (Lö 1, Lö 2).

Je Variante (Varietät, Erntejahr, Herkunft) wurden 20 Karyopsen in ein Pflanzgefäß (16x16x16 cm) gleichmäßig verteilt eingebracht und mit 2cm lockerer Komposterde bedeckt. Die Substratdichte im Pflanzgefäß betrug 1,05 g/cm<sup>3</sup>. Während des Versuches lag die Substratfeuchte im Bereich von 80 bis 85 % der nutzbaren Feldkapazität. Die kontinuierliche Wasserzufuhr erfolgte bei den verwendeten Pflanzenanzuchtstischen von unten.

Das Aufgangsergebnis wurde täglich ermittelt. 28 Tage nach dem Auflaufen wurden die Pflanzen geerntet und die mittlere Trockenmasse je Pflanze bestimmt.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Aufgangsergebnisse der beiden Flughafervarietäten *cinerea* und *pilosissima* zeigen zunächst eine systematische Abnahme mit zunehmender Lagerung der Spelzfrüchte (Abb. 1). Selbst nach 23 jähriger Lagerungsdauer keimen noch vereinzelt Karyopsen. Diese Pflanzen weisen gegenüber jüngeren Erntejahren eine deutlich geringere Einzelpflanzenmasse auf und neigen zu kümmerlichem Wuchs. Sie erreichen aber dennoch die generative Phase, wie in ontogenetischen Untersuchungen mit Einzelpflanzen im Freiland nachgewiesen werden konnte. Unter günstigen Bedingungen sind die Karyopsen des Flughafers somit weitaus länger überlebensfähig als bisher angenommen wurde. Dabei treten in den ersten 10 Lagerjahren noch Feldaufgangswerte von mehr als 80 % auf. Mit weiter ansteigender Lagerungsdauer (11-15 Jahre) halbiert sich dann der Aufgang und sinkt bei mehr als 15-jähriger Lagerung auf Werte unter 20 %.



**Abb. 1:** Keimfähigkeit verschiedener Flughafervarietäten in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

In der Höhe der Aufgangswerte treten in einzelnen Lagerungsabschnitten zwischen den Varietäten *cinerea* und *pilosissima* teilweise unterschiedliche Tendenzen auf. Eine allgemeingültige Erklärung dafür lässt sich aus dem vorliegenden Datenmaterial mit Sicherheit nicht ableiten. Das trifft auch auf den Einfluss der Herkunft der Spelzfrüchte zu. Weitere Untersuchungen zur Überlebensfähigkeit mit der Tetrazolium-Methode und über die Inhaltsstoffe der Karyopsen sollen zur Begründung dieser Phänomene beitragen.

#### Literatur

Zwinger, P. und H. U. Ammon (Hrsg.) 2002: Unkraut – Ökologie und Bekämpfung. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, S. 50

## Verbreitung von Flughafervarietäten (*Avena fatua* L.) in den neuen Bundesländern

David Hagen, Lothar Siebert, Bodo Hofmann & Olaf Christen

### Einleitung

Der Flughafener (*Avena fatua* L.) zählt zu den wirtschaftlich bedeutenden annuellen Wildgräsern in den Getreidebeständen auf den schweren und schwersten Ackerböden. Er ist durch einen ausgeprägten morphologischen Polymorphismus gekennzeichnet. Von der Art *Avena fatua* L. sind verschiedene Varietäten bekannt, bei denen eine intraspezifische Herbizidsensibilität beobachtet wurde (Kirfel 1974). Kenntnisse über die Verbreitung von Flughafervarietäten sind für die Kontrolle dieses Problemgrases von praktischem Interesse.

Ziel der Untersuchungen war deshalb, das Auftreten der verschiedenen Flughafervarietäten in den Hauptverbreitungsgebieten der neuen Bundesländer zu erfassen und Wechselwirkungen zwischen Verbreitung sowie Standortbedingungen auszuweisen. Zudem sollte festgestellt werden, ob sich im Vergleich zu älteren Untersuchungen aus den Jahren 1978-1986 durch bewirtschaftungsbedingte Einflüsse (intensive bzw. extensive Bewirtschaftungsweise) zwischenzeitlich Veränderungen in der Verbreitung und der Standortbindung der Varietäten ergeben haben.

### Material und Methoden

Auf Grundlage von Untersuchungen aus den Jahren 1978-1986 wurde bis 2006 auf den entsprechenden Ackerschlägen u.a. in Wische, Oderbruch, Elbaue und im Löß-Bördegebiet erneut die Zusammensetzung von Flughafervarietäten untersucht. Die Bestimmung der einzelnen Varietäten erfolgte nach Karyopsenmerkmalen unter Berücksichtigung der von Prante (1971) erarbeiteten Flughafersystematik.

Um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den älteren und neuen Befunden zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse der Einzelschläge nach Natürlichen Standorteinheiten (NStE) klassifiziert. Diese fassen vergleichbare Eigenschaften hinsichtlich Bodenart, Bodenzustandsstufe und geologischer Herkunft zusammen. Die NStE spiegelt somit die Komplexität der natürlichen Bodenfruchtbarkeit und der Produktivität eines Standortes wider. Besondere Anforderungen der Varietäten an die Standortbedingungen lassen sich auf diese Weise exakt ausgrenzen.

### Ergebnisse und Diskussion

In den verschiedenen Untersuchungsgebieten konnten 6 Flughafervarietäten nachgewiesen werden (Tab.1). Es handelt sich dabei um die Varietäten *pilosissima* S.F. Gray 1821, *cinerea* Pran., *pilosa* Syme, *superba* Pran., *glabrata* Peterm. 1841 und *intermedia* Lej. u. Court. 1828. Die Varietäten *pilosissima* und *cinerea* sind am stärksten verbreitet. Sie sind somit von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung.

Die Befunde verdeutlichen aber auch die unterschiedlichen Standortansprüche zwischen den beiden genannten Varietäten. So dominiert die Varietät *cinerea* auf den schweren tonreichen und alluvialen Standorten der Wische (Al 1) und der Elbauen (Al 3). Diese Standorte sind durch kalte Frühjahrsbedingungen mit Vernässung bzw. durch zeitweilige Stauvernässung gekennzeichnet. Die Varietät *cinerea* ist an diese Bedingungen offensichtlich entsprechend angepasst. Auf den gut strukturierten und

gefügestabilen Löß-Standorten (Lö 1, Lö 2) kommt dagegen fast ausschließlich *Avena fatua pilosissima* S.F. Gray 1821 vor. Bemerkenswert ist, dass sich die Varietäten *cinerea* und *pilosissima* auf den genannten Standorten gegenseitig nahezu ausschließen.

Die Varietät *pilosissima* bevorzugt lockere Ackerböden, die sich rasch erwärmen. Unter diesen Bedingungen entwickeln sich die Pflanzen zügig und weisen eine große Konkurrenzskraft auf.

**Tab. 1:** Verbreitung von Flughafervarietäten auf ausgewählten Standorteinheiten im Gebiet von Wische, Elbaue und Börde

Region	NStE <sup>1)</sup>	mittlere Varietätenanteile (%)					
		<i>pilosissima</i>	<i>cinerea</i>	<i>superba</i>	<i>glabrata</i>	<i>pilosa</i>	<i>intermedia</i>
Wische	AI 1	9,60	82,87	0,58	0,42	6,38	0,15
Elbaue	AI 3	6,34	89,74	0,54	2,58	0,79	-
Börde	Lö 1	94,58	3,61	1,15	0,48	0,18	-
Börde	Lö 2	93,82	4,17	1,00	0,18	0,83	-

<sup>1)</sup> Natürliche Standorteinheit

Die Varietäten *superba*, *glabrata* und *pilosa* werden gegenüber den Hauptbestandbildnern zurückgedrängt. Ihre Durchsetzungskraft ist hier gering. Sie nehmen sowohl auf den Alluvial- als auch den Löß-Standorten meist geringe Varietätenanteile von weniger als 3 % ein (Tab. 1). Eine eindeutige Bindung dieser Varietäten an spezielle Standortbedingungen lässt sich aus dem vorhandenen Datenmaterial nicht ableiten. Das trifft auch für die Varietät *intermedia* zu. Sie wurde nur vereinzelt auf Auestandorten in der Wische (AI 1) und im Oderbruch (AI 2) erfasst. Ihr Varietätenanteil liegt dabei weit unter 1 %.

Die in den älteren Untersuchungen ermittelten Ergebnisse konnten durch die neueren Daten prinzipiell bestätigt werden. Das betrifft sowohl die Größenordnungen der Varietätenanteile als auch das einzelne Auftreten der Varietäten und die spezifische Bindung an die jeweiligen Standorte. Die zum Teil gravierenden Veränderungen bei der Bewirtschaftung der Ackerflächen in den zurückliegenden 15 Jahren (u.a. Flächenstilllegung, Rückgang des Anbaus von Sommerfruchtarten, Verminderung der Fruchtartenvielfalt) haben bei *Avena fatua* auf den untersuchten Ackerschlägen in den neuen Bundesländern zu keiner wesentlichen Verschiebung der verschiedenen Varietätenanteile und der Standortbindung geführt.

Damit wird deutlich, dass für das Auftreten der beiden dominierenden Flughafervarietäten *cinerea* und *pilosissima* die Bodentemperatur, der Lufthaushalt und das Bodenwasserregime maßgebend sind. Genannte Faktoren hängen wesentlich von der Korngrößenzusammensetzung und dem Bodenstrukturzustand ab. Es wird deshalb das Ziel künftiger Untersuchungen sein, Wechselwirkungen zwischen dem Datenmaterial und weiterer standortkundlicher sowie von bodenstrukturellen Parametern unter Einbeziehung eines breiteren Körnungsartenspektrums abzuleiten.

## Literatur

- Kirfel, H. 1974: Die intraspezifische Empfindlichkeit von *Avena fatua* L. gegenüber Herbiziden unter kontrollierten Umweltbedingungen. Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz 81: 296-303.
- 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.



## **Untersuchungen zur vegetativen Etablierung von *Cirsium arvense* L. unter Ackerbaubedingungen**

Jens Niederstraßer, Christine Struck & Bärbel Gerowitt

### **Einleitung**

Die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) gehört zu den wichtigsten Ackerunkräutern der gemäßigten Breiten. Als Korbblütler verfügt sie über eine große Anzahl an Samen die allerdings äußerst konkurrenzschwach sind. Trotzdem bilden sie für die Neubesiedlung von Flächen laut Bakker (1960) den Grundstein. Die hauptsächlichliche Vermehrung findet über Wurzelsprosse statt, die dem weit reichendem Wurzelwerk entspringen. Aufgrund ihres weit verzweigten und bis zu 3 Metern tief gehenden Wurzelsystems ist die mechanische Bekämpfung der Acker-Kratzdistel schwierig. Ungeklärt ist bislang, inwieweit Wurzellänge und Feuchtegehalt der Wurzel, Bodenfeuchte oder Bodentyp die vegetative Vermehrung der Acker-Kratzdistel beeinflussen. Als weiterer möglicher Einflussfaktor ist die Bodenverdichtung anzusehen. Im Ackerbau kommt es durch den Einsatz schwerer Maschinen oder ungünstiger Witterungsbedingungen immer wieder zu Verdichtungen im Pflughorizont. In der Praxis gelten „Distelnester“ als ein Zeichen für Bodenverdichtung. In dieser Arbeit soll daher insbesondere auf Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher Lagerungsdichten des Bodens auf das Sprossen aus Wurzelstücken der Acker-Kratzdistel eingegangen werden.

### **Material und Methoden**

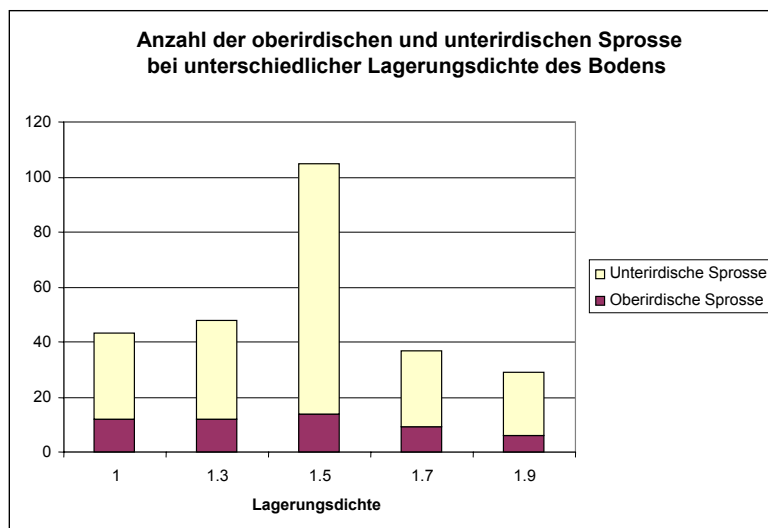
Die Untersuchungen wurden in Topfversuchen in einem Klimaraum bei 20°C und einem Tag-Nachtrhythmus von 13/11 Std. mit Wurzelstücken von im Gewächshaus kultivierten Pflanzen durchgeführt. Als Substrat diente gedämpfter Boden des Typs lehmiger Sand dem noch eine bestimmte Menge an Humus beigemischt wurde. Der pH-Wert betrug 5,7. Vor dem Einpflanzen wurden sämtliche bereits erscheinende Sprosse und Nebenwurzeln entfernt sowie Gewicht und Durchmesser der Wurzelabschnitte bestimmt. Es wurden auf einheitlicher Tiefe drei Wurzelstücke pro Topf ausgelegt mit jeweils drei Wiederholungen. Die Töpfe standen bis zur Auswertung 6 Wochen in der Klimakammer mit o.g. Bedingungen.

Im Versuchsteil mit unterschiedlichen Bodendichten wurden die Lagerungsdichten auf 1, 1.3, 1.5, 1.7, und 1.9 g pro cm<sup>3</sup> eingestellt. Bei der Probenentnahme nach der Wachstumszeit im Klimaraum ist darauf geachtet worden, dass alle Wurzelbestandteile vom Substrat getrennt werden. Die Parameter Wurzellänge, Sprossanteil auf alten und neuen Wurzelabschnitten sind direkt bestimmt worden sowie die Trockenmasse des Blatt- und Wurzelmaterials. Dazu wurden die Proben bei 105 °C für 24 Std. getrocknet und anschließend gewogen.

## Ergebnisse und Diskussion

Von den untersuchten Parametern Wurzellänge und Feuchtegehalt der Wurzel, Bodentyp und –verdichtung sowie Bodenfeuchte soll hier insbesondere auf die Bodenverdichtung eingegangen werden.

Bei allen Lagerungsdichten kam es bei den eingesetzten Wurzelstücken der Acker-Kratzdistel zur Ausbildung neuer Sprosse sowohl im unterirdischen als auch im oberirdischen Bereich. Dabei war eine Schwankung innerhalb der verschiedenen Lagerungsdichten erkennbar. So zeigten sich besonders bei den Lagerungsdichten 1, 1.3 und 1.5 die meisten oberirdischen Pflanzenteile. Ähnlich verhält es sich bei den unterirdischen Sprossen. Auch hier hat sich bei den ersten drei Lagerungsdichten die größte Anzahl an Sprossen gebildet. Diese Ergebnisse wurden auch von den Trockenmassen des Wurzelmaterials und Blattmaterials bestätigt. Allerdings sind die Spitzenwerte bei diesen untersuchten Parametern immer bei den Proben mit einer Lagerungsdichte von 1.5 zu finden. Bei dieser Probe sind die meisten oberirdischen Sprossabschnitte ausgebildet worden. Auch die Anzahl der Sprosse und die Masse an Blatt- und Wurzelmaterial waren hier am größten.



Im Versuchszeitraum von 6 Wochen haben sich bei einer Lagerungsdichte von 1,5 mehr oberirdische Sprosse etabliert und es bildeten sich mehr als doppelt so viel unterirdische Sprosse (91 bei LD 1,5). Dies weist darauf hin, dass bei einer gewissen Verdichtung des Bodens wie sie in der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung auftritt die Wachstumsbedingungen für die Acker-Kratzdistel verbessert werden. Auch die damit einhergehende vegetative Vermehrung wird durch einen mäßig verdichteten Boden gefördert. Überraschend ist, dass bei einer Lagerungsdichte von 1,9 die Distel noch in der Lage ist, zu sprossen und sich zu etablieren.

## Literatur

Bakker, D. (1960): A comparative life-history study of *Cirsium arvense* (L.) Scop. and *Tussilago farfara* (L.) , the most troublesome weeds in newly reclaimed polders of the former Zuidersee, L.J. Harper (Ed.): The biology of Weeds, 205-222, Blackwell Scientific Publications, Oxford

## Weed infestation of two varieties of spring wheat grown on conventional and organic farms

Tadeusz Sadowski, Stanisław Szyca<sup>1</sup> & Jan Adamiak

### Introduction

Weeds belongs to the main factors limiting the yield of cultivated crops. Limiting of their number depends to a high degree on naturally appropriate crop rotation, as well as mechanical control measures. The degree of weed infestation may be influenced by selection of varieties suitable for conditions of organic farms. On organic farms spring wheat is cultivated more often than winter wheat. It is due, among other, to lower susceptibility of spring wheat than winter one to weed infestation (Tyburski 2005). The aim of the presented researches was to learn about the influence of farming system and of selection of spring wheat varieties on weed infestation as expressed by the number and air-dry mass.

### Material and methods

The field experiments were carried out in Małkowo in Kashubian region (west of Gdańsk) in 2002 and in 2004. Spring wheat was cultivated on conventional farm, applying artificial fertilizers and pesticides in moderate doses, as well as on organic farm. Spring wheat of Hezja and Torka varieties were grown on soil of IVa class (57 point). On the conventional farm spring wheat was grown on a field after root crops fertilized with FYM, whereas on the organic farm on a field after mixture of red clover and grass. On the conventional farm spring wheat was fertilized with 148 kg NPK per ha, in which 76 kg N per ha, whereas on organic farm organic fertilizers (FYM + slurry) were applied in spring. Weeds on the conventional farm were controlled by herbicides, while on the organic farm by two harrowings in the tillering stage. Weed infestation of spring wheat was examined in the milk phase of wheat. The species weed composition, the number of weeds and air-dry mass on the surface of 0,25 m<sup>2</sup> were determined in 6 replications for a given variety in each year of researches. The number and mass of weeds was subjected to analysis of variance. In order to determine the significance of the differences between the average values SNK test was applied.

### Results and discussion

The number of weeds, on average of two varieties of spring wheat, was twice as high on the conventional farm than on the organic farm (Tab. 1). While in 2002 the herbicide which was applied on the conventional farm proved to be effective in weed control, in 2004 in a few days after its application several-days-long rainfalls occurred, which limited its effectiveness. Two harrowings of spring wheat on the organic farm significantly reduced the number of weeds. It is worth emphasizing that organic farmers, as well as researchers see also positive aspects of weed occurrence in crop. Their occurrence increases the content of organic matter in soil, enlivens its biological activity, covers the soil and moreover it enriches biodiversity of farmland (Hochół 2003). The obtained results indicated that organic farms are able to control weed growing in spite of not using herbicides. The susceptibility of spring

---

Department of Farming Systems, Warmia and Mazury University, Plac Łódzki 3, 10-718 Olsztyn, ...

<sup>1</sup> Kashubian Ecofarma in Małkowo, 83-330 Żukowo

wheat varieties to weed infestation as expressed by the number of weeds was different in the compared farming systems. On the conventional farm the greater number and mass of weeds were found in the case of Torka spring wheat variety, whereas on the organic farm in the case of Hezja. In both spring wheat varieties grown on the conventional farm numerical dominant species were *Galinsoga parviflora*, *Viola arvensis*, *Poa annua*, *Stellaria media*, *Matricaria inodora* and *Polygonum convolvulus*. The high number of the first species is caused by growing of spring wheat on a fields after root crops, which were conducive for the occurrence and seeds formation by *Galinsoga parviflora*. The majority of the weed species on the list prove the fertility of the soil, on which spring wheat was grown. In the stand of both varieties of spring wheat grown organically the highest share had two species of weeds – *Galeopsis tetrahit* and *Polygonum convolvulus*. *Agropyron repens* and *Trifolium pratense* were present in a significant number. Weed infestation of spring wheat varieties Hezja and Torka did not differ significantly. The dissemination of weeds expressed by mass shows better their competitiveness to a crop. Despite the lower number of weeds in stands of spring wheat cultivars grown organically, their mass was by 27% greater than those grown on the conventional farm. The obtained result is in accordance with the earlier researches of Sadowski & Tyburski (2000). The number of weed species was a little higher on the conventional farm than on the organic one.

**Tab. 1:** The number of weeds, dominant species and air-dry weeds biomass in two spring wheat varieties, per 1 m<sup>2</sup>

Item	Conventional farm		item	Organic farm	
	varieties			varieties	
	Hezja	Torka		Hezja	Torka
Total number of weeds, plants·m <sup>-2</sup>					
2002	84,0	132	2002	77,3	90,0
2004	295,3	333,7	2004	173,3	90,6
Mean	189,7	249,3	mean	125,3	90,3
Dominant species, in %					
GALPA	10,9	12,2	GAET	18,1	10,7
VIOAR	10,2	10,8	POLCO	12,2	17,3
STEME	9,3	4,6	AGRRE	6,4	5,9
MATIN	8,3	4,6	TRFPR	5,6	5,5
POLCO	8,1	6,3	CHEAL	5,1	2,2
AGRRE	7,7	4,8	LYCAR	4,8	7,0
LYCAR	6,0	5,1	VIOAR	4,3	3,3
POAAN	4,8	15,9	SPEAR	3,7	1,9
GAET	2,5	3,2	STEME	3,2	3,3
Air-dry weeds biomass, g·m <sup>-2</sup> (mean for 2002 and 2004)					
Mean	40,8	44,4	mean	57,2	51,1
Number of species					
	34	33		31	28

HSD<sub>0,05</sub> for number of weeds – for years: 36,0; for farming systems: 36,0; for varieties: no s.; for year x farming systems: 50,3; for farming systems x varieties: 50,3;

HSD<sub>0,05</sub> for air-dry weeds biomass - for years: no s., for farming systems: no s.; for varieties no s.,

## References

- Hochół T., 2003, Chwasty czy rośliny towarzyszące uprawom? Pam. Puł.,134: 89-96.  
 Sadowski T., Tyburski J., 2000, Weed infestation of spring wheat grown on organic vs conventional farms. Proceedings 13<sup>th</sup> International IFOAM Scientific Conference, Eds. Alföldi T., Lockeretz W., Niggli U., Basel,186.  
 Tyburski J., 2005, Struktura zasiewów w certyfikowanych gospodarstwach ekologicznych w Polsce. Fragm. Agron., 2: 229-237.

## Unkrautunterdrückende Wirkung von Mischfruchtbeständen mit Blauer Süßlupine (*L. angustifolius*) im Ökologischen Landbau

Arne Bilau, Herwart Böhm<sup>1</sup> & Bärbel Gerowitt

### Einleitung

Im Ökologischen Landbau trägt der Anbau der Blauen Süßlupine dazu bei, eine proteinreiche Futtermittelkomponente zur Verfügung zu stellen, die Fruchtfolge vielfältig zu gestalten und Stickstoffeinträge in das System zu erhöhen. Ein Problem im Körnerleguminosenanbau ist die Kontrolle der Unkräuter. Um den Unkräutern in Pflanzenbeständen die Wachstumsressourcen wie z.B. Licht zu entziehen, ist es wichtig, einen möglichst schnellen und dichten Bestandesschluss zu erreichen. Mischfruchtbausysteme können gegenüber Reinsaaten eine bessere Bodenbedeckung und somit Unkrautunterdrückung erzeugen. Zum Anbau der Schmalblättrigen Lupine in Mischfrucht liegen bislang nur wenige Ergebnisse vor. Verschiedene Lupinenmischfruchtbestände wurden daher hinsichtlich ihrer Unkrautunterdrückenden Wirkung untersucht.

### Material und Methoden

In einem Feldversuch wurden 2005 am Standort Trenthorst (Parabraunerde, sL, 50-55 BP, pH 6,5) des Institutes für ökologischen Landbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, verschiedene Mischfruchtbestände mit der Blauen Lupine untersucht. Die Lupinensorte „Boruta“ (determinierter Wuchstyp) wurden mit den Feldfrüchten Sommerweizen, Sommergerste und Futtererbse in jeweils vier verschiedenen Aussaatstärkenverhältnissen ausgesät. Als Vergleichspartnern wurden die jeweiligen Reinsaaten angebaut (Tabelle 1). Die Versuchsglieder wurden in einer Blockanlage 4-fach wiederholt. Die Parzellengröße betrug 41 m<sup>2</sup>.

**Tabelle 1:** Aussaatstärkenverhältnisse der Reinsaaten

Mischfruchtpartner	Reinsaat <sup>1)</sup>	
Lupine „Boruta“ (BL)	130	<sup>1)</sup> in keimfähigen Körnern m <sup>-2</sup>
Sommergerste (SG)	300	
Sommerweizen (SW)	425	
Futtererbse (FE)	70	

Die Mischfruchtvarianten bestanden jeweils aus Lupinen (BL) und einem Mischfruchtpartner. Das Aussaatstärkenverhältnis von BL und den Mischfruchtpartnern betrug 50:50, 62:38, 75:25 und 75:38, jeweils in % der Reinsaatstärke. Die Aussaat der Gemenge erfolgte im reihenweisen Wechsel (Row Intercropping) mit einem Reihenabstand von 12,5 cm. Die Versuchspartnern wurden Anfang Mai, 15 Tage nach dem Auflaufen der Pflanzen 1X gestriegelt. Während der Vegetationsperiode wurde Anfang Juni (EC-65 bei der Lupine) der Aufwuchs der Kulturpflanzen und des Unkrautes beerntet. Weiterhin wurde zu diesem Zeitpunkt der Deckungsgrad der gesamten Kulturpflanzen und des Unkrautes geschätzt.

Für die Auswertung wurden Differenzen zwischen den Merkmalsausprägungen in den jeweiligen Mischfruchtbeständen und der Reinsaat BL gebildet. Im Varianzmodell wurden die Blöcke, die Mischfrucht und das Aussaatstärkenverhältnis berücksichtigt. Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS Vers. 13.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Differenzen der Merkmale Kultur- und Unkrautdeckungsgrad sowie Trockenmasseerträge des Unkrautes und der Kulturbestände sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Kulturtrockenmasse der BL Reinsaat betrug in EC 65 13,62 dt ha<sup>-1</sup>.

**Tabelle 2:** Differenzen (Mischfruchtvariante – Reinsaat) der Deckungsgrade und Trockenmasseerträge von Unkraut und Kulturpflanzen

Mischfrucht- variante	<sup>1)</sup> Differenz Kulturdeckungs- grad (%)	<sup>2)</sup> Differenz Unkrautdeckungs- grad (%)	<sup>3)</sup> Differenz Unkraut TM (dt ha <sup>-1</sup> )	<sup>4)</sup> Differenz Kulturen TM (dt ha <sup>-1</sup> )
BL 50+FE 50	9,00 a	-2,25 a	-0,81 a	3,19 a
BL 62+FE 38	-2,00 a	5,25 a	-0,93 a	1,94 a
BL 75+FE 25	-1,00 a	1,00 a	-0,30 a	1,26 a
BL 75+FE 38	1,75 a	0,25 a	-1,28 a	3,01 a
BL 50+SG 50	16,25 b	-13,75 b	-3,64 b	14,44 b
BL 62+SG 38	21,00 b	-13,00 b	-3,80 b	12,32 b
BL 75+SG 25	14,25 b	-14,25 b	-4,07 b	9,90 b
BL 75+SG 38	18,25 b	2,25 b	-3,88 b	10,49 b
BL 50+SW 50	13,75 b	-10,00 b	-2,84 b	9,93 b
BL 62+SW 38	12,25 b	-10,75 b	-3,55 b	9,72 b
BL 75+SW 25	14,75 b	-9,75 b	-2,36 b	8,74 b
BL 75+SW 38	16,75 b	-13,75 b	-3,31 b	11,68 b

Mittelwertvergleich ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, Tukey-Test,  $\alpha = 0,05$ ,  $n=4$ , mehrfaktorielle Varianzanalyse: F-Wert Mischungspartner: <sup>1)</sup> 20,00, <sup>2)</sup> 5,25, <sup>3)</sup> 25,20, <sup>4)</sup> 19,58, F-Wert Aussaatverhältnis: <sup>1)</sup> 0,63, <sup>2)</sup> 0,41, <sup>3)</sup> 0,59, <sup>4)</sup> 0,66, F-Wert Wechselwirkung Kultur X Aussaatverhältnis: <sup>1)</sup> 1,04, <sup>2)</sup> 0,94, <sup>3)</sup> 0,32, <sup>4)</sup> 0,30

Fast alle Mischfruchtvarianten erreichen höhere Kulturdeckungsgrade als die Reinsaat BL – mit dem Mischpartner Futtererbse sind die Deckungsgrade weniger deutlich erhöht als mit Getreidemischpartnern. Die Unkrautunterdrückung, sowohl gemessen als Unkrautdeckungsgrad als auch als Unkrauttrockenmasse ist in den Gemengebeständen im Vergleich zur Reinsaat besser. Vor allem die Lupine-Getreidegemenge unterdrückten Unkräuter deutlich wirksamer.

An den Differenzen der Unkrauttrockenmasse zeigt sich weiterhin, dass anteilig geringere Aussaatstärken beim Getreide nicht unbedingt zu einer geringeren Unkrautunterdrückung führen. Ein Grund könnte sein, dass Getreide auf eine geringere Anzahl an Pflanzen m<sup>2</sup> mit einer höheren Bestockungsleistung reagiert.

Der Anbau der Lupine in Mischkultur ist eine geeignete pflanzenbauliche Maßnahme für eine verbesserte Unkrautkontrolle. Über die Wahl des Gemengepartners kann die Wirkung verbessert werden.

## Potential einjähriger Leguminosenarten als Bodenbedecker in Lebendmulchsystemen in Deutschland

Jörg Peter Baresel & Hans-Jürgen Reents

### Einleitung

Lebendmulchsysteme (bzw. "Bicropping") ziehen in den letzten Jahren ein wachsendes Interesse auf sich, in Deutschland vor allem für den Ökologischen Landbau. Diese Systeme sind gekennzeichnet durch eine kontinuierliche Bodenbedeckung, meistens durch Leguminosen, und eine stark verminderte Bodenbearbeitung. Die Vorteile, die man sich davon verspricht, sind eine verbesserte N-Versorgung und damit insbesondere beim Weizen eine bessere Qualität, eine geringere Erosion, eine Verbesserung der bodenbiologischen Eigenschaften und einen niedrigeren Energieinput. Verschiedene Untersuchungen aus den letzten Jahren zeigen aber, dass die Konkurrenzfähigkeit des meist als Bodenbedecker verwendeten, eher aggressiven und indeterminiert wachsenden Weißkleees zu groß ist. Als Alternative werden einjährige, selbstaussäende Leguminosenarten angesehen, die sich mit ihrem kurzem Vegetationszyklus möglicherweise besser in das System einpassen. In einem ersten Schritt war eine größere Anzahl von Leguminosenarten auf ihre potentielle Eignung als Bodenbedecker in Lebendmulchsystemen und ihre Adaptation an deutsche klimatische Bedingungen geprüft worden (Baresel u. a., 2003). Die Fragen, die am meisten interessieren, sind: (1) Ist es unter deutschen Bedingungen möglich, ausdauernde Bestände einjähriger Leguminosen zu etablieren, die sich durch Selbstaussaat regenerieren? (2) Sind die Konkurrenzverhältnisse bei einjährigen Leguminosen wirklich günstiger als bei mehrjährigen? (3) Ist es möglich, Getreide mehrmals in die Leguminosenbestände einzusäen, ohne sie zu zerstören?

### Material und Methoden

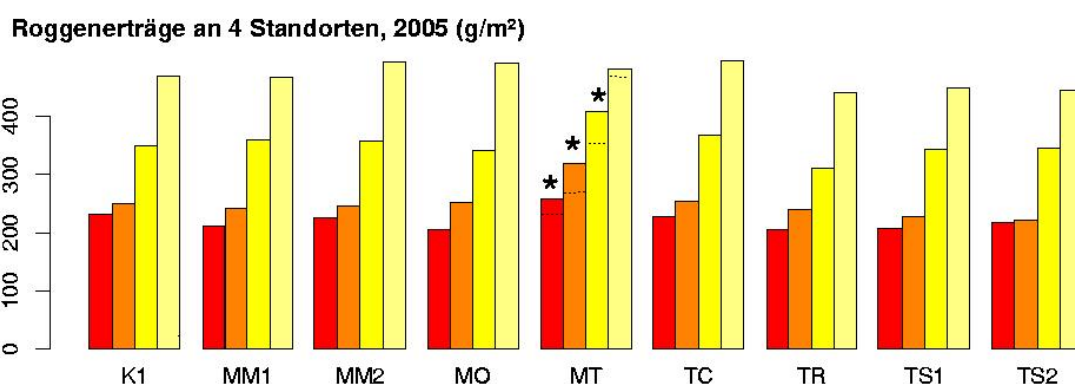
Im Jahre 2004 wurden Leguminosen und Roggen gleichzeitig im Ende August (24.8.) an 4 Standorten um Freising in Parzellenversuchen angesät. Im Jahre 2005 wurde wieder Weizen mit einer Frässaatmaschine in Doppelreihen mit 37,5 cm Abstand in die Leguminosenbestände hineingesät. Die Leguminosenarten *Medicago minima* (MM), *M. orbicularis* (MO), *Trifolium campestre* (TC), *T. subterraneum* (TS) mit unterschiedlicher Konkurrenzfähigkeit wurden im Vergleich zu *T. repens* (TR) als ausdauernde Bodenbedecker und *M. truncatula* (MT), die im Herbst dichte Bestände bildet und im Winter aber abfriert sowie einer Kontrolle (K1) ohne Leguminosen untersucht. An zusätzlichen Versuchen, die in den Jahren 2002 und 2003 angelegt worden waren, konnte die Winterfestigkeit in den vorangegangenen Jahren, Regenerationsrate und die Ausdauer der Bestände erfasst werden.

### Ergebnisse und Diskussion

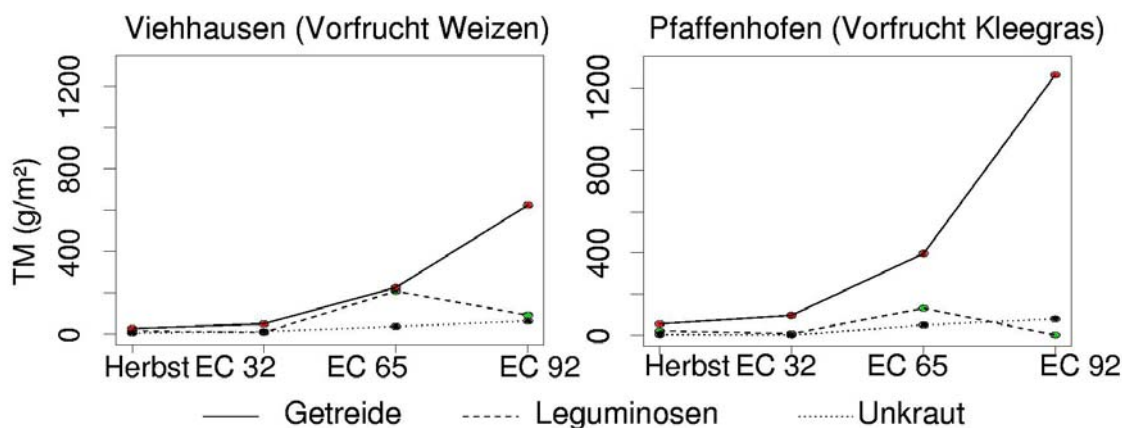
Die mehrjährigen Beobachtungen zeigten, dass die ausgewählten Arten hinreichend winterfest waren, um einen normalen Winter in Süddeutschland zu überstehen. Alle Arten waren in unseren Versuchen grundsätzlich in der Lage, sich über mind. zwei Jahre durch Wiederaussaat zu halten. Dies traf auch für den Erdklee zu, der bisher als unter deutschen Bedingungen als wenig winterfest galt. Dies läßt sich mit dem Saatzeitpunkt Ende August / Anfang September begründen

Im ersten Versuchsjahr, d.h. bei der Etablierung der Bestände, konnte bei Roggen keine Reduktion der Ertragsleistungen durch die Leguminosen festgestellt werden (Abb 1), auch wenn sich bei *T.repens* und *T. subterraneum* die Tendenz zu etwas niedrigeren Erträgen andeutete. Die als abfrierende Untersaat eingesäte *M. truncatula* hatte dagegen einen absicherbaren positiven Ertragseffekt.

Im Gegensatz zum Weißklee nahm die Biomasse des Erdklee nach der Getreideblüte wieder ab; die Konkurrenz dieses Bodenbedeckers war dann nur noch gering (Abb. 2). Der Anteil der Untersaaten an der Gesamtbiomasse war je nach Umweltbedingungen unterschiedlich; insbesondere bei Klee-grasvorfrucht und günstigen Wachstumsbedingungen war er vergleichsweise niedrig (Abb. 2). Die Wirkung auf die N-Versorgung des Anbausystems und auf die biologischen Bodeneigenschaften, sowie die Möglichkeit, die Bestände der Bodenbedecker durch eine weitere Getreideinsaat zu nutzen und die Konkurrenzverhältnisse beim Weizen werden im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts untersucht.



**Abb. 1** Kernerträge an vier Standorten mit unterschiedlichen Leguminosen-untersaaten. Die mit \* gekennzeichneten Säulen weichen signifikant von der Kontrolle ab (t-Test mit Bonferoni-Korrektur)



**Abb. 2** Entwicklung der Biomassen von Roggen und Erdklee-Lebendmulch an 2 unterschiedlichen Standorten

## Literatur

J.P.Baresel, H.J.Reents, W. Schenkel: Screening alternativer Leguminosenarten auf ihre Eignung zur Gründung und zum Misanbau im ökologischen Landbau. Organic E-Prints Nr. 8353, Mai 2006



## Bodenökologische Wirkungen des Einsatzes von Humanurin als Düngestoff

Andreas Sasse & Frank Ellmer

### Einleitung

Alternative Sanitärsysteme ermöglichen eine getrennte Erfassung der Abwasserteilströme und die Bereitstellung von Humanurin als Düngestoff. Um Empfehlungen zur Ausbringung von Urin auf landwirtschaftliche Nutzflächen geben zu können, ist es auch nötig, etwaige Wirkungen der basischen, ammoniumhaltigen Lösung auf die Bodenbiologie zu ermitteln. Dazu wurden im Freiland des Versuchsgeländes Berlin-Dahlem Untersuchungen zur Veränderung der Abundanz von Regenwürmern nach Urinapplikation durchgeführt.

Der verwendete, in den Trenntoiletten eines Bürogebäudes gesammelte, Humanurin ist mit Mikroverunreinigungen wie Arzneimittelrückständen belastet. In einem Laborversuch wurde die Reaktion der Regenwürmer auf Urin, sowie die im Urin enthaltenen Stoffe Ammoniak und Arzneimittelwirkstoffe untersucht. Der durchgeführte Vermeidungstest besitzt eine hohe Sensibilität da er die chemischen Rezeptoren der Tiere nutzt, um ein Substrat zu bewerten. Aufgrund der kurzen Kontaktzeit erlaubt dieses Experiment allerdings keine Aussage zur langfristigen Gefährlichkeit eines Stoffes.

### Material und Methoden

#### 1) Freilanduntersuchungen zur Abundanz von Regenwürmern

Im Feldversuch mit Winterroggen auf schwach schuffigem Sand wurden neben ungedüngten Kontrollen die Düngevarianten  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  aus Urin sowie aus Mineraldünger (KAS) etabliert. Je Variante wurde  $1 \text{ m}^2$  Boden, verteilt auf acht Beprobungsstellen bis zu einer Tiefe von 20 cm entnommen und per Handsortierung nach Regenwürmern und Regenwurmkokons durchsucht. Die erste Auszählung erfolgte vier Wochen nach der letzten Gabe der einfach gesplitteten Düngung, die zweite Untersuchung fand im Herbst nach der Ernte statt.

#### 2) Regenwurm Vermeidungstest

Untersuchungen des Fluchtverhaltens von Regenwürmern der Gattung *Aporrectodea caliginosa* unter Verwendung einer vierfach geteilten Kammer, die den Tieren eine Auswahl der Versuchssubstrate ermöglicht. Folgende Substrate wurden untersucht:

- Boden mit 12 Monate gelagertem Urin, vor 24 h eingemischt
- Boden mit den Wirkstoffen *Bezafibrat* und *Ibuprofen*, entsprechend der im Urin gefundenen Konzentration von jeweils  $500 \mu\text{g l}^{-1}$
- Boden mit verdünntem Ammoniakwasser entsprechend der im Urin gefundenen Ammoniumkonzentration ( $4,2 \text{ g l}^{-1}$ )
- Unbehandelte Kontrolle

Als Trägermedium für die Arzneimittelwirkstoffe wurde inerter Seesand gewählt, welcher in allen Varianten im Verhältnis 1 : 20 zum Boden zugemischt wurde. In jedem der vier Versuchskästen wurden 16 zuvor im Freiland gewonnene Tiere eingesetzt. Die Auszählung erfolgte nach 48 h.

## Ergebnisse und Diskussion

### 1) Freilanduntersuchungen zur Abbundanz von Regenwürmern

**Tabelle 4: Abbundanz von Regenwürmern nach Applikation von Urin und Kalkammonsalpeter**

Arten	Mai 2005			Oktober 2005		
	Kontrolle	Urin	KAS	Kontrolle	Urin	KAS
<i>A. caliginosa</i>	10	1	7	31	18	16
<i>A. chlorotica</i>	14	2	6	14	18	20
<i>A. icterica</i>	2	2	1	1	0	0
<i>A. species</i>	1	6	1	2	6	5
<i>A. longa</i>	1	0	4	4	3	0
<b>Gesamt</b>	<b>28</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>53</b>	<b>45</b>	<b>42</b>

Trotz hoher Varianz wurden vier Wochen nach der Urinapplikation, im Mai, auf den betreffenden Parzellen signifikant weniger Regenwürmer gezählt als in den ungegüngten Kontrollen (Dunnett- Test,  $p=0,013$ ). Ein statistischer Unterschied zu den mit Kalkammonsalpeter (KAS) gedüngten Beprobungsstellen bestand während der für die Region Brandenburg typischen Vorsommertrockenheit bei keiner der Varianten. Im Oktober war die Anzahl der gefundenen Würmer auf allen Parzellen höher, aber ausgeglichen. Die Beobachtungen zeigen, dass Regenwurmpopulationen durch die Applikation von Urin quantitativ beeinträchtigt werden, dieser Effekt aber nur von relativ kurzer Dauer ist.

### 2) Regenwurm Vermeidungstest

**Tabelle 5: Einzelwerte der Regenwurmdichten in den Versuchssubstraten nach 48 h**

Wiederholung	Kontrolle	Urin	Ammoniakwasser	Arzneiwirkstoffe
1	5	0	4	6
2	4	0	4	8
3	5	0	8	3
4	7	0	5	4
<b>Gesamt</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>21</b>

Beim Auszählen der Versuchskästen wurde eine komplette Vermeidung des Bodens mit zugemischtem Urin beobachtet. Dagegen fand sich in den übrigen Varianten insgesamt jeweils die gleiche Anzahl von 21 Würmern. Die Vermeidung wird folglich weder durch die Arzneiwirkstoffe noch allein durch den im Urin enthaltenden Ammoniak hervorgerufen.

## Literatur

Stephenson, G.L.; Kaushik, A.; Kaushik, N.K.; Solomon, K.R.; Steele, T. & Scroggins, R.P.(1998): Use of an avoidance-response test to assess the toxicity of contaminated soils to earthworms. In.: Sheppard, S.C., Brembridge, J.D., Holmstrup, M. & L. Posthuma (Eds.) *Advances in Earthworm Ecotoxicology*. Setac Press, 67-81.

**Diese Studien wurden im Rahmen des vom Kompetenzzentrum Wasser Berlin durchgeführten Demonstrationsvorhabens SCST erstellt. Die Finanzierung erfolgt durch Veolia Water, die Berliner Wasserbetriebe sowie über das Finanzierungsinstrument LIFE der Europäischen Gemeinschaft (Dauer: 1. Januar 2003 – 31. Dezember 2006, LIFE03 ENV/D/000025).**

## **Faktoren der Humusreproduktion und ihre Umsetzung in Humusbilanzmethoden im Hinblick auf die Bewertung ökologischer Bewirtschaftungssysteme**

Christopher Brock & Günter Leithold

### **Einleitung**

Humusbilanzen sind vereinfachende Instrumente für die Abschätzung der Humusreproduktion. Sie sind für die praktische Anwendung in der Landwirtschaft konzipiert und sollen deshalb mit einfach verfügbaren Eingabedaten auskommen. Aus diesem Grunde können Humusbilanzen nicht die Genauigkeit von Modellen erreichen, obgleich der komplexe Wirkungszusammenhang von Faktoren und Prozessen der Humusdynamik natürlich in den Algorithmen beachtet werden muss, um plausible Aussagen zu ermöglichen.

Eine Nichtbeachtung u.U. wichtiger Faktoren bei der Berechnung der Humusbilanz kann zu Fehleinschätzungen der tatsächlichen Humusdynamik führen. Zudem missachtet eine von der Bewirtschaftungsintensität (hier als Aufwand externer Inputs und fossiler Energie) unabhängige Bewertung der Bilanzsalden die jeweiligen Anforderungen an die Humusreproduktion und kann so nur begrenzt angewendet werden. In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus der laufenden Arbeit des BLE-Projektes „Entwicklung einer praxisanwendbaren Methode der Humusbilanzierung im ökologischen Landbau“ vorgestellt.

### **Material und Methoden**

Die hier vorgestellten Ergebnisse beruhen auf der Auswertung von Datenmaterial einer Auswahl landwirtschaftlicher Dauerversuche (DOK-Versuch, Therwil(CH) (FiBL Schweiz und FAL Reckenholz); KA-Dauerversuch, Bernburg (LLG Sachsen-Anhalt); Dauerversuch „Ökologische -Integrierte Anbausysteme“, Bad Lauchstädt (Univ. Halle); Long-Term Field experiments, Prag(CS), Ökologischer Ackerbauversuch Gladbacherhof, Villmar (Univ. Giessen)). Hierbei wurde die Entwicklung der Humusgehalte in Abhängigkeit verschiedener Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren analysiert. Überdies wurden für alle einbezogenen Varianten Humusbilanzen nach den Methoden VDLUFA/untere und obere Werte (VDLUFA 2004) und HE-erweitert (s. Hülsbergen 2003) mit dem Modell REPRO (Hülsbergen 2003) berechnet.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Bei der parzellenweisen Auswertung einzelner Standorte war die Reproduktion der Humusvorräte erwartungsgemäß mit den auch in allen Humusbilanzmethoden berücksichtigten Faktoren Düngung (Zufuhr an Org. Primärschubstanz) und Fruchtfolge (hier: Anteil von Leguminosen) korreliert (s. Tab.1). Der Einfluss der Bewirtschaftungsintensität scheint zum größten Teil auf die Ausprägung dieser Faktoren zurückzuführen sein.

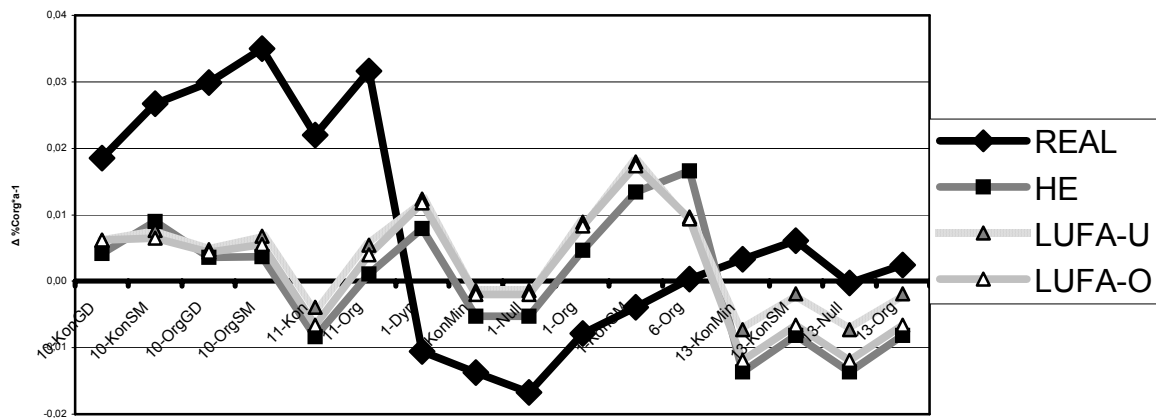
**Tab.1:** Einflussfaktoren der Humusreproduktion

ausgewertete Versuche	Homogene Gruppen bzw. Signifikante Unterschiede (a,b) bei $\alpha=0,05$					
	Düngungsmodus		Fruchtfolge		System	
Nr. 6,10,11 (parzellenweise)	KonMin OrgGD <b>a</b>	KonSM OrgSM <b>b</b>	1:2 <b>a</b>	1:7 <b>b</b>	Kon <b>a</b>	Org <b>b</b>
Nr. 1,6,10,11,13	keine		keine		keine	

Kon=konventionelle Bewirtschaftung; Org=ökologischer Landbau. KonMin=mineralische Dg.; KonSM=organomineralische Dg.; OrgGD=ausschl. Grün-/Strohgd.; OrgSM=ausschl. organische Dg.. Fruchtfolge als Verhältnis Leguminosen : Nicht-Leguminosen

Eine Auswertung der Bewirtschaftungsfaktoren über alle Versuche ergab einen maßgeblichen Einfluß des natürlichen Standortes oder näher zu erfassender spezifischer Bewirtschaftungseinflüsse, die die Wirkung der erfassten Bewirtschaftungsfaktoren mitunter überlagerte (Tab.1).

Die verwendeten Humusbilanzmethoden bilden die Humusreproduktionsdynamik der einbezogenen Versuchsvarianten unter nicht näher bestimmten Bedingungen in der Tendenz richtig ab (Abb.1). Allerdings ist der Fehlerbereich relativ groß. Überdies können abweichende Bedingungen bis hin zu einer konträren Aussage von Bilanz und realem Trend führen.



**Abb.1:** Bilanzierte und reale Entwicklung der Humusgehalte in ausgewählten Versuchsvarianten  $\Delta \%Corg \cdot a^{-1}$

Eine Bewertung von Systemen geringer Bewirtschaftungsintensität (v.a. Ökologischer Landbau) z.B. nach der aktuellen VDLUFA-Methode wird zudem durch die Nichtbeachtung des dynamischen Zustandes (degressiver Verlauf der Humusgehaltsentwicklung bei konstanten Bedingungen!) erschwert. Zudem ist eine Bewertung der Humusgehaltsdynamik (z.B. Versuch 10 und 11/Org) nur unter Beachtung höheren Anforderungen an das Selbstregulationsvermögen der Böden bei geringer Bewirtschaftungsintensität möglich, die eine Anhebung des Humusreproduktionsniveaus notwendig machen können.

### Literatur

- Hülsbergen, K.-J. 2003: Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker-Verlag, Aachen.  
 Leithold, G.; Brock, C. und Hülsbergen, K.-J. (in Vorb.): Anpassung der Humusbilanzierung an die Bedingungen des ökologischen Landbaus. KTBL, Darmstadt.  
 VDLUFA 2004: Humusbilanzierung. Standpunkt des VDLUFA

## Ackerbohnschrot im Vergleich zu Rottemist: Effekte auf Ertrag und Qualitätsparametern von Kartoffeln

Meike Oltmanns & Joachim Raupp

### Einleitung

Ökologische Betriebe, die viehlos bewirtschaftet werden, müssen eine Düngungsalternative zu Stallmist finden. Im Gemüsebau werden dafür meist geschrotete Samen großkörniger Leguminosen eingesetzt. Wie sich Leguminosenschrote auf die langfristige Bodenfruchtbarkeit und auf Ertrags- und Qualitätsparameter wichtiger Kulturpflanzen im direkten Vergleich zu Stallmist auswirken (bei gleicher Stickstoff-Aufwandmenge), wird in einem Feldversuch seit 1996 verglichen. In diesem Beitrag werden Ergebnisse von Kartoffeln des Anbaujahres 2005 vorgestellt.

### Material und Methoden

Die Versuchsfläche befindet sich ca. 10 km südwestlich von Darmstadt (49° N, 8° O; 100 m NN; 9,5 °C, 590 mm Niederschlag) auf einer sandigen Braunerde mit 22 Bodenpunkten. Bei der Versuchsanlage handelt es sich um einen einfaktoriellen randomisierten Block mit 7 Varianten (Tab.1) in 6 Wiederholungen. Folgende Untersuchungen wurden an den geernteten Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L. cv. *Quarta*) durchgeführt: Mineralstoffanalysen (P und K), Stärke, Nitrat und ein Extrakt-dunklungstest modifiziert nach Pettersson (1970).

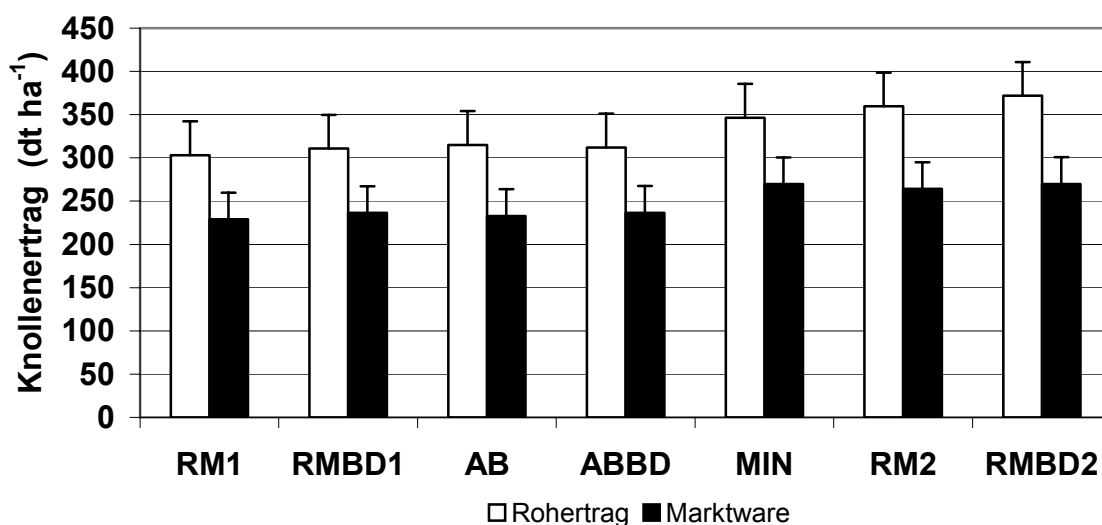
**Tab. 1:** Behandlungen und ausgebrachte Stickstoffmengen (kg ha<sup>-1</sup>) der Düngungsarten

Varianten	N kg ha <sup>-1</sup>	Acronym
Rottemist	100	RM1
Rottemist mit biol.-dyn. Präparaten	100	RMBD1
Ackerbohnschrot	100	AB
Ackerbohnschrot mit biol.-dyn. Präparaten	100	ABBD
Mineraldünger	100	MIN
Rottemist, hohe Stufe	170	RM2
Rottemist, hohe Stufe mit biol.-dyn. Präparaten	170	RMBD2

### Ergebnisse und Diskussion

Der marktfähige Ertrag lag bei beiden organischen Düngern mit ca. 230 dt ha<sup>-1</sup> gleich hoch (Abb.1). Höhere Erträge konnten nur mit Mineraldüngung und mit der hohen Stufe Rottemist (signifikant nur in der Variante RMBD2) erzielt werden. Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen hatten die biologisch-dynamischen Präparate keinen Mehrertrag zur Folge (Raupp 2001).

Der Kaliumgehalt der mit Ackerbohnschrot gedüngten Kartoffeln lag signifikant niedriger als in den Rottemistvarianten (Tab. 2). Eine mögliche Erklärung dafür könnte die niedrigere Kaliumausbringung durch Ackerbohnschrot sein. Der P-Gehalt der Knollen war mit beiden organischen Düngern gleich hoch. Der Nitratgehalt der Kartoffeln unterschied sich zwischen dem pflanzlichen und tierischen Dünger nicht eindeutig. Durch die höhere Mistdüngung stieg der P- und K-Gehalt der Knollen, aber nicht der Nitratgehalt. Die mineralisch gedüngte Variante wies den höchsten Nitratgehalt auf.



**Abb. 1:** Kartoffelertrag (dt ha<sup>-1</sup>) in Abhängigkeit von der Düngung; Balken zeigen Grenzdifferenz ( $p < 0,05$ )

Die Düngung mit Ackerbohenschrot erzielte den höchsten Stärkegehalt. Die Dunklung von Kartoffelextrakt sofort nach der Herstellung (E<sub>0</sub>) und 24 Std. später (E<sub>24</sub>) war in den stallmistgedüngten Varianten signifikant niedriger als mit Ackerbohenschrot und Mineraldüngung. Das bedeutet, dass es bei pflanzlicher Düngung zu einem intensiveren Zerfall der Knollen gekommen ist als bei Rottemist.

**Tab. 2:** Inhaltsstoffe und Extrakt dunklung von Kartoffeln; Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ )

	P (%)	K (%)	NO <sub>3</sub>	Stärke (%)	E <sub>0</sub>	E <sub>24</sub>
RM1	0,23 a	1,89 b	46,9 ab	13,6 a	0,345 a	0,488 a
RMBD1	0,23 a	1,95 b	51,7 b	13,3 a	0,342 a	0,480 a
AB	0,23 a	1,53 a	43,8 ab	14,2 b	0,388 b	0,533 b
ABBD	0,22 a	1,56 a	36,5 a	14,5 b	0,375 b	0,568 b
MIN	0,23 a	1,98 b	90,9 c	13,1 a	0,375 ab	0,577 b
RM2	0,25 b	2,08 c	46,3 ab	13,4 a	0,340 a	0,464 a
RMBD2	0,24 ab	2,09 c	51,9 b	12,9 a	0,336 a	0,455 a

## Literatur

- Pettersson, B.D. (1970). Verkan av växtplats, gödsling och tillväxtreglerande substanser på matpotatisens kvalitetsegenskaper. Nordisk forskningsring Meddelande Nr. 23
- Raupp, J. (2001). "Manure fertilization for soil organic matter maintenance and its effects upon crops and the environment, evaluated in a long-term trial", pp. 301-308, Rees, R.M.; Ball, B.C.; Campbell, C.D.; Watson, C.A. (eds.), Sustainable management of soil organic matter. CAB International, Wallingford UK

## **Vergleich verschiedener Weizen-, Dinkel- und Roggensorten aus konventionellem und ökologischem Anbau hinsichtlich ihres Acrylamid-Bildungspotenzials und ihrer Qualität**

Falko Stockmann, Albrecht Weber, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

### **Einleitung**

Der wahrscheinlich als cancerogen geltende Stoff Acrylamid entsteht in kohlenhydratreichen Lebensmitteln bei der Reaktion der Aminosäure Asparagin mit reduzierenden Zuckern im Rahmen der Maillardreaktion. Das Acrylamid-Bildungspotenzial von Getreide scheint dabei durch den Gehalt an freiem Asparagin bedingt zu werden. Es ist davon auszugehen, dass zwischen den Getreidearten Weizen, Dinkel und Roggen arten- und sortenbedingte Unterschiede im Gehalt an freiem Asparagin vorliegen (Weber et al. 2005) und somit durch geeignete Sortenwahl ein Beitrag zur Reduzierung der Acrylamidgehalte in Backwaren geleistet werden kann. Vor diesem Hintergrund soll in diesem Projekt eine breite Auswahl an verschiedenen Weizen-, Dinkel-, und Roggensorten verschiedener Herkünfte aus konventionellem Anbau und verschiedene Weizen- und Dinkelsorten aus ökologischem Anbau hinsichtlich ihrer Gehalte an freiem Asparagin sowie der diversen Qualitätsparameter untersucht werden.

### **Material und Methoden**

Die zur Untersuchung herangezogenen konventionellen 12 Winterroggen- und sechs Winterdinkelproben stammen aus einem Landessortenversuch vom Standort Boxberg (355 ü NN, Ø 720 mm, Ø 8,4 °C, Vegetationsperiode 2004/2005, Bodenart schluffiger Lehm). Folgende Dinkel- und Roggensorten wurden untersucht: Dinkel: Schwabekorn, Franckenkorn, Oberkulmer Rotkorn, Schwabenspelz KUNZ-2590, Badengold. Roggen: Avanti, Recrut, Askari, Fernando, Picasso, Rasant, Festus, Fugato, Resonanz, Pollino, Amato, Agronom. Außerdem wurden aus konventionellem Anbau 16 Winterweizensorten (Enorm, Altos, Monopol, Batis, Elvis, Tiger, Cubus, Transit, Tommi, Naturastar, Magnus, Terrier, Dekan, Punch, Manhattan, Wasmo), zwei Winterdinkelsorten (Franckenkorn, Schwabekorn) und zwei Winterroggensorten (Nikita, Picasso) aus einem Feldversuch 2005 vom Standort Ihinger Hof untersucht (478 m ü. NN, Ø 693 mm, Ø 8,1°C, Vegetationsperiode 2004/2005, Bodenart lehmiger Ton).

Bei den aus dem ökologischen Anbau stammenden Proben handelt es sich um 22 Winterweizen- und acht Winterdinkelsorten aus Schweizer Sortenprüfungen (Peter Kunz in Hombrechtikon, Schweiz). Folgende Weizensorten vom Standort Montezillon (770 m. ü. NN) wurden geprüft: Wiwa, MAA.48, TEP.117, Pollux, Ataro, Wenga, Aszita, AIRA.28. Folgende Dinkelsorten von den Standorten Rheinau (360 m. ü. NN.), Hombrechtikon (470 m ü. NN) und Seegräben (544 m ü. NN) wurden geprüft: Tauro, Alkor, Titan, Zenit, Sirino. Die Aminosäurebestimmung im Mehl wurde mittels HPLC durchgeführt. Das Acrylamid-Bildungspotenzial wurde mittels GC/MSD bestimmt. Hierzu werden aus Mehlproben die Acrylamid-Vorstufen extrahiert. Der Extrakt wird anschließend in den GC injiziert. Das durch Verdampfung des Extrakts im Injektor spontan entstandene Acrylamid wird quantitativ erfasst und dient so als Größe zur Erfassung der Acrylamid-Bildungspotenziale verschiedener Proben. Zur

Erfassung der Mehlqualität wurden Rohproteingehalt, Fallzahl sowie bei den Weizen- und Dinkelproben der Sedimentationswert bestimmt.

### Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel über alle Sorten wies konventioneller Winterweizen mit 13,8 % den höchsten Rohproteingehalt im Mehl auf (Abb 1.). Der ökologisch angebaute Weizen lag mit 12,5 % auf ähnlichem Niveau wie konventionell und ökologisch angebauter Dinkel (12,3 % bzw. 11,9 %). Roggen wies im Mittel 6,5 % den erwartungsgemäß deutlich niedrigsten Gehalt auf.

Erste Daten zum Acrylamid-Bildungspotenzial der konventionell angebauten Arten Weizen, Roggen und Dinkel deuten darauf hin, dass Roggen im Vergleich zu Weizen und Dinkel ein höheres Acrylamid-Bildungspotenzial besitzt (Abb. 2). Dabei bewegte sich das Potenzial der geprüften Roggensorten zwischen 2400 bis 4000 ng AA g<sup>-1</sup> Mehl-TM (MTM). Die Werte der geprüften Weizensorten lagen zwischen 510 und 3050 ng AA g<sup>-1</sup> MTM, die der Dinkelsorten zwischen 660 und 1270 ng AA g<sup>-1</sup> MTM. Diese ersten Ergebnisse aus dem konventionell angebauten Probensortiment bestätigen Untersuchungen von Weber et al. (2005), dass sowohl zwischen den Arten Winterroggen und Winterweizen bzw. Winterdinkel als auch innerhalb der Arten zwischen verschiedenen Sorten Unterschiede im Acrylamid-Bildungspotenzial vorliegen. Es erscheint daher als aussichtsreich, durch geeignete Arten- und Sortenwahl zu einer Reduzierung des Acrylamid-Bildungspotenzials von Getreide als Rohstoff für die Backwarenherstellung beitragen zu können. Von den Proben aus ökologischem Anbau liegen diesbezüglich noch keine Daten vor.

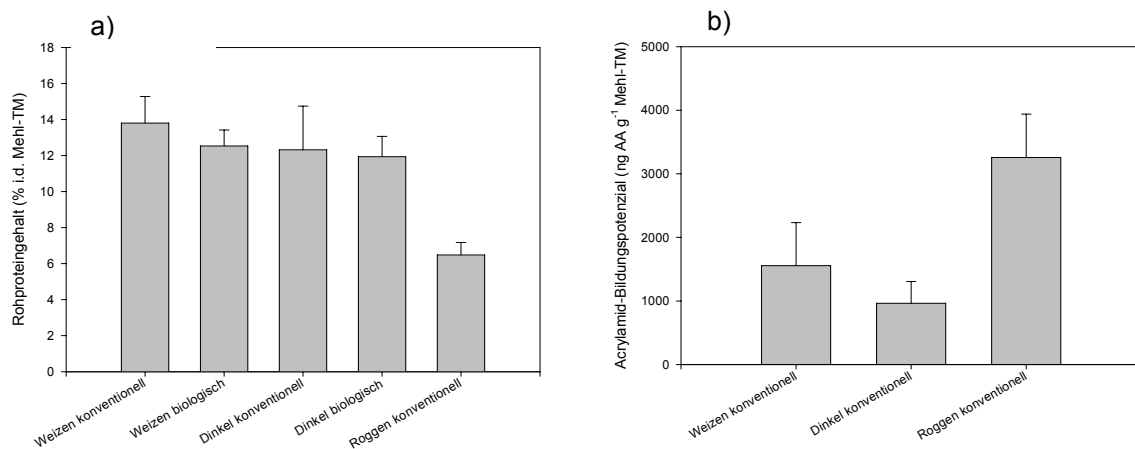


Abb. 1 a): Rohproteingehalte von konventionell angebautem Winterweizen, Winterdinkel und Winterroggen sowie ökologisch angebautem Winterweizen und Winterdinkel. Mittelwerte über Sorten. Fehlerbalken = Standardabweichung.

b) Acrylamid-Bildungspotenzial von konventionell angebautem Winterweizen, Winterdinkel und Winterroggen. Mittelwerte über Sorten. Fehlerbalken = Standardabweichung.

### Literatur

Weber, A., S. Graeff, W. Hermann & W. Claupein, 2005: Acrylamid-Bildungspotenzial verschiedener Getreidearten – Welche Rolle spielt die Sorte? Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, 347-348.



## Bioplastik in transgenen Pflanzen: Cyanophycin als geeignete Quelle für Polyaspartat

Maja Hühns<sup>1</sup>, Katrin Neumann<sup>1</sup>, Stephan Dirk Paul<sup>2</sup>, Karl Ziegler<sup>3</sup>, Wolfgang Lockau<sup>3</sup>; Elfriede Pistorius<sup>2</sup> & Inge Broer<sup>1</sup>

### Einleitung

Die pflanzliche Biotechnologie kann nicht nur zur Ertragssteigerung und –stabilität in transgenen Kulturpflanzen beitragen, sondern auch industriell nutzbare Rohstoffe liefern und somit eine umweltfreundliche, CO<sub>2</sub>-neutrale und wirtschaftliche Alternative darstellen, die die natürlichen Ressourcen des Bodens und des Sonnenlichts nutzt.

Bisher konnten z. B. Kartoffeln erzeugt werden, in denen der Gehalt an Amylose auf etwa ein Fünftel des ursprünglichen Gehalts gesenkt wurde (2). Auch pflanzenfremde Rohstoffe wie Spinnenseide (7) oder biologisch abbaubare Polymere wie Polyhydroxybuttersäure, (PHB) (6) konnten in Pflanzen produziert werden. PHB kann als festes Polymer eingesetzt werden. Die Synthese von PHB im Cytoplasma wirkte sich allerdings nachteilig auf das Wachstum und die Fertilität der transgenen Pflanzen aus.

Das Polymer Polyaspartat läßt sich aus einem Speicherprotein der Cyanobakterien (8), dem Cyanophycin, gewinnen. Cyanophycin ist ein Polymer aus den beiden Aminosäuren (AS) L-Aspartat und L-Arginin (Multi-L-arginyl-poly-(L-aspartat) mit einer molaren Masse von 25 bis 125 kDa . Durch Hydrolyse kann die Polyaspartatkette isoliert werden. Polyaspartat dient anderen Verwendungszwecken als PHB, z.B. als Ersatzstoff für nicht-biologisch abbaubare Polyacrylate in Detergentien, in der Ölproduktion oder als Dispergiermittel in Wasch- und Reinigungsmitteln (5). Weltweit werden jährlich etwa 260.000 t Polyacrylate eingesetzt. Chemisch synthetisiertes und daher nicht vollständig biologisch abbaubares Polyaspartat wird von der Bayer AG im Maßstab von 2000 Tonnen jährlich produziert. Zur biologischen Synthese von Cyanophycin wird im Gegensatz zum PHB nur ein Gen für eine Cyanophycin-Synthetase benötigt. Unterschiedliche Cyanophycin-Synthetase-Gene wurden bereits aus Cyanobakterien isoliert, das Enzym wurde charakterisiert (9).

Um eine wirtschaftliche Produktion von Cyanophycin zu ermöglichen soll es als Beiprodukt der Stärke in Industriekartoffeln hergestellt werden.

### Material und Methoden

Die Kultivierung der Bakterien- und Pflanzen erfolgt wie in 4 beschrieben. Die Kodierregionen für die verschiedenen Cyanophycin-Synthetasegene wurden unter der Kontrolle des konstitutiven Promotors p35S durch *Agrobacterium tumefaciens*-vermittelten Transformation in *Nicotiana tabacum* cv. Petit Havana SRI und *Solanum tuberosum* cv. Désirée eingebracht (4). Die Isolierung und der Nachweis der genomischen DNA und ihrer Expression durch PCR und Northern-Analysen wurde wie in 4 durch-

---

<sup>1</sup> Universität Rostock, Agrar-und-Umweltwissenschaftliche Fakultät, Agrobiotechnologie, Justus-von-Liebig-Weg 8, 18059 Rostock

<sup>2</sup> Universität Bielefeld, Biologie VIII: Lehrstuhl für molekulare Zellphysiologie, Postfach 100131, 33501 Bielefeld

<sup>3</sup> Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Biologie, Biochemie der Pflanze, Chausseestr. 117, 10115 Berlin

geführt. Der Nachweis des Polymers, seine Quantifizierung sowie die mikroskopischen Aufnahmen wurden wie in 4 beschrieben durchgeführt.

### Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen der bisherigen Arbeiten gelang es, in transgenen Tabakpflanzen größere Mengen an löslichem Cyanophycin zu produzieren (ohne Optimierung bis zu 1,1% der Trockenmasse). Insgesamt wurden drei aus verschiedenen Cyanobakterien stammende Cyanophycin-Synthetasegene in transgenen Tabak- und Kartoffelpflanzen exprimiert. Um möglichst frühzeitig mögliche Auswirkungen der Expression dieser Gene erkennen zu können, wurden sie zunächst alle konstitutiv im Cytoplasma exprimiert. Nur das Gen aus *Thermosynechococcus elongatus* war zur Produktion von Cyanophycin geeignet, führte aber auch zu Beeinträchtigungen in Wachstum und Fertilität der Pflanzen, die möglicherweise auf die Anreicherung der Substanz im Cytoplasma zurückzuführen sind. Durch die Verlagerung der Produktion von Cyanophycin in die Chloroplasten konnte die Ausbeute drastisch gesteigert werden, ohne dass die Pflanzen geschädigt wurden. Erste Hinweise lassen vermuten, dass sich die Produktion durch eine Beschränkung auf die Kartoffelknolle und eine bessere Versorgung mit Arginin weiter steigern lässt.

### Literatur

1. Düring, K., Porsch, P., Fladung, M. and Lörz, H. (1993) Transgenic potato plants resistant to the phytopathogenic bacterium *Erwinia carotovora*. *Plant J.*, **3**, 587-598.
2. Kull B., Salamini F., Rohde W. (1995) Genetic engineering of potato starch composition: Inhibition of amylose biosynthesis in tubers from transgenic potato lines by expression of antisense sequences of the gene for granule-bound starch synthase. *Journal of Genetics and Breeding* 49: 69-76
3. Michel, K.-P., Exss-Sonne, P., Scholten-Beck, G., Kahmann, U., Ruppel, H.G. and Pistorius, E.K. (1998) Immunocytochemical localization of IdiA, a protein expressed under iron or manganese limitation in the mesophilic cyanobacterium *Synechococcus* PCC 6301 and the thermophilic cyanobacterium *Synechococcus elongatus*. *Planta*, **205**, 73-81.
4. Neumann, K., Stephan, D.P., Ziegler, K., Hühns, M., Broer, I., Lockau, W., Pistorius, E.K. (2005) Production of cyanophycin, a suitable source for the biodegradable polymer polyaspartate, in transgenic plants. *Plant Biotech. J.* Vol.3:249-258
5. Oppermann-Sanio, F.B., Hai, T., Aboulmagd, E., Hezayen, F.F., Jossek, S., Steinbüchel, A. (1999) Biochemistry of polyamide metabolism. In: *Biochemical principles and mechanisms of biosynthesis and biodegradation of polymers: proceedings of the international symposium* ((Steinbüchel, A. ed.) pp185-193, Wiley-VCH Weinheim, New York, Chichester, Brisbane, Singapore, Toronto
6. Poirier Y., Douglas E. D., Klomparens K., Somerville C. (1992): Polyhydroxybutyrate, a Biodegradable Thermoplastic, Produced in Transgenic Plants. *Science* Vol. 256: 520-523
7. Scheller J., Gührs K.-H., Grosse F., Conrad U. (2001): Production of spider silk in tobacco and potato. *Nature Biotechnology* Vol 19: 573-577
8. Simon, R.D. & Weathers, P. (1976) Determination of the structure of the novel polypeptide containing aspartic acid and arginine which is found in cyanobacteria. *Biochim. Biophys. Acta* 420: 165-176
9. Ziegler, K., Diener, A., Herpin, C., Richter, R., Deutzmann, R., Lockau, W. (1998) Molecular characterization of cyanophycin synthetase, the enzyme catalyzing the biosynthesis of the cyanobacterial reserve material multi-L-arginyl-poly-aspartate (cyanophycin). *Eur. J. Biochem.* 254: 154-159

## **Qualitätsanforderungen und -beeinflussung des Rohstoffes Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) im Hinblick auf die Inulin- und Fructosegewinnung**

Kerstin Stolzenburg

### **Einleitung**

Inulin als Speicherkohlenhydrat in Topinamburknollen und Fructose aus Inulin bergen ein beachtliches Potenzial für technische Anwendungen. Unter bestimmten Bedingungen produziert Topinambur große Mengen an Inulin und Fructose. Der Landwirt kann über eine gezielte Auswahl pflanzenbaulicher Faktoren wie beispielsweise Sortenwahl, anbautechnische Maßnahmen wie Düngung, Beregnung oder die Bestimmung des Erntezeitpunktes Einfluss auf den Ablauf von Synthese, Einlagerung und Zusammensetzung der in Kraut und Knollen enthaltenen Zucker und Fructane nehmen, somit die Qualität des Rohstoffes verbessern und ihn für den Einsatz in einzelnen Vermarktungsbereichen optimieren.

### **Material und Methoden**

Neben der Ertragsleistung von über 60 Topinambursorten und -herkünften werden an der LAP Forchheim seit 1994 Quantität und Qualität der Inhaltsstoffe untersucht und beurteilt. Um die Synthese und Speicherung von Inulin und Fructose in Topinambur quantifizieren zu können, wurden zwischen 2000/01 und 2003/04 die Topinambursorten „Rote Zonenkugel“, Waldspindel“ und „Henriette“ monatlich geerntet, eine Ertragsbestimmung der Knollen, Stolonen, Wurzeln und des Krautes sowie eine Analyse der enthaltenen Mineralstoffe und Zucker vor bzw. nach der Hydrolyse durchgeführt. Im gleichen Zeitraum wurde der Einfluss variiertes Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Wasserversorgung auf den Knollenertrag, Fructose- und Inulingehalt untersucht, um Wechselwirkungen von Nährstoffinput und Wasserverfügbarkeit in bezug auf Inulin- und Fructosegehalt bzw. -ertrag je Flächeneinheit nachzuweisen.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Sowohl Topinamburkraut als auch Topinamburknollen enthalten ein Gemisch aus wasserlöslichen Kohlenhydraten, das sich aus Saccharose, Fructose, Glucose und Inulin zusammensetzt. Die Fructansynthese in Topinambur beginnt bereits mit der Krautentwicklung. Vier Wochen nach Feldaufgang, Ende April, konnte in Forchheimer Versuchen bis 2 % Inulin in der Kraut-TM nachgewiesen werden. Im Mittel über drei Sorten und Jahre wurde Ende August 30 % der TM oberirdischer Biomasse von Inulin eingenommen. Der Inulinertrag im Kraut lag bei maximal 7,5 t/ha. Die Einlagerung verlief sortenspezifisch zeitversetzt. Die frühreife Sorte „Henriette“ erzielte maximale Inulinerträge bereits Ende Juli, die mittelspäte „Waldspindel“ und die spätreife „Rote Zonenkugel“ zwischen Anfang und Mitte August. Im September lag die Inulinausbeute im Kraut von „Waldspindel“ bereits nur noch bei 50%, bei „Rote Zonenkugel“ 2 t/ha unter dem Augustwert, während der Inulinertrag der frühreifen Sorte „Henriette“ bereits gegen Null tendierte. Topinamburstängel fungieren als Zwischenspeicher für gebildete Fructane. Mit dem Einsetzen des Knollenwachstums beginnt eine Remobilisierung der Stängelfructane, die dann in Form von Saccharose in die Knollen transportiert werden, wo sie für Wachstumsprozesse sowie für die Inu-

lineinlagerung genutzt werden. Der Inulingehalt junger Knollen beträgt im Juli bereits über 60 % in der TM und steigt bis Ende September lediglich noch um 13 %. Das Maximum hochmolekularer Fructane in Topinamburknollen wird sortenspezifisch zwischen Ende Juli und Ende Oktober erreicht. Bei allen untersuchten Sorten und Herkünften sank der Inulingehalt über die Wintermonate gleichmäßig um ca. 13 % ab. Der höchste theoretisch erzielbare Inulinertrag wurde mit 11,3 t/ha im Mittel über 3 Sorten im Oktober 2000 gemessen. Im Vergleich zum durchschnittlichen Inulinertrag ausgangs des Winters wurde eine Differenz von 4 t, im Vergleich zum langjährigen Mittel über alle geprüften Sorten von ca. 6,5 t ermittelt. Die Inulinausbeute ist im Oktober etwa 40 bis 60 % höher als bei einer Ernte im Februar/März. Hinsichtlich der Einlagerung von Inulin in Topinamburknollen ließ sich eine enge Korrelation zum Knollenertrag nachweisen ( $R^2 = 0,93$ ). Neben der angebauten Sorte hatte vor allem das Wasser- und Nährstoffangebot einen entscheidenden Einfluss auf die Fructansynthese. Berechnete Versuchsvarianten zeigten gegenüber den unberechneten Beständen signifikante Mehrerträge an Knollen-TM und Inulin. Das Knollengewicht der zusätzlich mit Wasser versorgten Parzellen lag im Mittel der Varianten 3 bis 4 % über dem Normalgewicht. Darüber hinaus bewirkte eine Steigerung der Kaliumdüngung vor allem in den unberechneten Varianten eine Erhöhung des Inulingehaltes.

Produktionsbereich		Qualitätsparameter
Nahrungsmittelindustrie	Frisches Wintergemüse	Reifegruppe, Knollenform, Geschmack, Lagerung, Mineralstoffgehalt, Inulingehalt, Polymerisationsgrad, Proteingehalt, Proteinmuster, Rohfettgehalt, Fettsäuremuster, Vitamine, sekundäre Pflanzenstoffe, Acrylamid
	Trockenprodukte	
	Konserven, Getränkeindustrie	Reifegruppe, Mineralstoffgehalt, Proteingehalt, Proteinmuster, Rohfettgehalt, Fettsäuremuster, Vitamine, Zucker-, Inulingehalt, Polymerisationsgrad
Futtermittelindustrie	Ferkelfutter (Knollen, Mehl)	Zucker-, Inulingehalt, Polymerisationsgrad, Proteingehalt, Proteinmuster, Rohfettgehalt, Fettsäuremuster, Vitamine
	Grünfutter (junges Kraut)	
	Pellets (Kleintierfutter, Pferdezusatzfutter)	Zucker-, Inulingehalt, Mineralstoffgehalt, Proteingehalt, Proteinmuster
Diätprodukte, Arzneimittelherstellung	Homöopathisches Arzneimittel zur Gewichtsreduktion	Inulingehalt, Polymerisationsgrad
	Diabetes-mellitus-Diät	
Spirituosenherstellung	Trinkalkohol	Zucker-, Inulingehalt, Polymerisationsgrad, Knollenform, Geschmack
Technische Anwendungen	Tenside, Alkoholbinder, Gele	Inulingehalt, Polymerisationsgrad
	Dämmstoffbereich, Spanplatten	Krautertrag, Markgehalt im Stängel, Bestockung
Energiegewinnung	Biogas	Reifegruppe, Knollenertrag, Krautertrag
	Bioethanol	Knollenertrag, Inulingehalt, Polymerisationsgrad
	Biomasse (Festbrennstoff; Pyrolyse; BTL-Kraftstoffe)	Krautertrag, Mineralstoffgehalt

**Abb. 1: Qualitätsanforderungen an den Rohstoff Topinambur als Ausgangsmaterial verschiedener Produktlinien (LAP Forchheim)**

### Literatur

Schweiger, P. und Stolzenburg, K., 2005: Rohstoffqualität und Vermarktungsmöglichkeiten von Topinambur, Sonderheft 1/2005 der Reihe Informationen für die Pflanzenproduktion, Herausgeber: LAP Forchheim

## Eignung von Topinambur-Stängelmaterial zur Herstellung von Leichtbeton-Baustoffen

Jörg Böhmer & Ralf Pude

### Einleitung

Derzeit wird Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) in Deutschland hauptsächlich zur Herstellung von Spirituosen, Säften oder als Gemüse angebaut. Denkbar ist außerdem der Anbau zur Gewinnung von Inulin oder für die großtechnische Ethanolherstellung. Für alle diese Zwecke wird die Knolle verwendet. Der oberirdische Teil der Pflanze, der ein enormes Aufkommen an Biomasse darstellt (6-8 t TM/ha), verbleibt zumeist ungenutzt auf dem Acker. Da sich eine thermische Verwertung der Krautmasse als nur bedingt wirtschaftlich erwiesen hat, liegt eine stoffliche Nutzung nahe. Für den Anbau von Topinambur könnte diese zusätzliche Nutzung der Krautanteile eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit bedeuten (Stolzenburg, 2002).

Zum Einsatz von Pflanzenmaterial als Zuschlag für Leichtbeton-Baustoffe liegen bereits seit langem Erfahrungen mit verschiedenen Großgräsern – Chinaschilf (*Miscanthus* spp.), Switchgrass (*Panicum virgatum*), und Wasserschilf (*Phragmites australis*) – vor (Pude, 2005). Topinambur erscheint in diesem Zusammenhang besonders vielversprechend, da der Stängel neben einer großen Festigkeit auch einen hohen Markanteil aufweist. Das Markparenchym verfügt über ein geringes spezifisches Gewicht und einen großen Porenanteil, wodurch möglicherweise ein hohes Dämmvermögen der Baustoffe erreicht werden kann.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollte zunächst die grundsätzliche Eignung von Topinambur-Stängelmaterial als Zuschlagstoff geprüft werden. Zudem sollten pflanzenbauliche und technische Unterschiede zwischen verschiedenen Sorten hinsichtlich einer derartigen Nutzung ermittelt werden. Ferner wurde versucht, den Einfluss der untersuchten Parameter auf die Druckfestigkeit der hergestellten Leichtbeton-Baustoffe zu klären.

### Material und Methoden

In einem überjährigen Feldversuch wurden drei krautbetonte Topinambur-Sorten („Rote Landsorte“, „Rote Zonenkugel“ und „Violet de Rennes“) angebaut und zunächst während der Vegetationsperiode 2005/6 auf verschiedene pflanzenbauliche Parameter untersucht. Weitere Erhebungen fanden während der Überwinterung des Bestandes auf dem Feld am abgestorbenen Pflanzenmaterial statt. Es wurden pflanzenbauliche Kriterien wie Lageranfälligkeit, Blattbehang und Feuchtegehalt, aber auch die chemische Zusammensetzung der Stängel, der Gehalt an Lignin, Zellulose und Speicherstoffen untersucht. Abschließend wurden aus dem gehäckselten Material Leichtbeton-Proben hergestellt, an denen nach 21-tägiger Trocknungszeit die Druckfestigkeit (N/mm<sup>2</sup>) bestimmt wurde.

### Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen des Feldversuchs ergaben sich kaum nennenswerte pflanzenbauliche Unterschiede zwischen den untersuchten Sorten. Lediglich vom Wuchstyp hob sich die Sorte „Violet de Rennes“ deutlich von den anderen ab. Sie hatte eine geringere Triebzahl pro Pflanze und dadurch wesentlich kräftigere Einzeltriebe. In weiteren Untersuchungen wurde festgestellt, dass „Violet de Rennes“ eine größere Lager-

anfälligkeit, höhere Gehalte an Restassimilaten (Inulin und Fruktose) im Stängel und geringere Lignin- und Zellulosegehalte als die Sorten „Rote Landsorte“ und „Rote Zonenkugel“ aufwies (Tab. 1).

**Tab. 1:** Unterschiede in chemischen und physikalischen Eigenschaften ( $\alpha=0,05$ )

	„Rote Landsorte“	„Rote Zonenkugel“	„Violet de Rennes“
Markanteil (M.-%)	15,67 n.s.	17,43 n.s.	15,37 n.s.
Lignin (M.-%)	23,98 a	24,44 a	21,17 b
Zellulose (M.-%)	39,50 a	41,08 a	34,66 b
Fruktose (M.-%)	0,00 b	0,00 b	2,34 a
Inulin (M.-%)	0,56 b	0,53 b	2,88 a
Wasserbindung (M.-%)	80,32 a	79,73 a	74,48 b
Druckfestigkeit (N/mm <sup>2</sup> )	0,70 a	0,72 a	0,32 b

Bei der anschließenden Herstellung von Leichtbetonproben mit gehäckseltem Stängelmateriale als Zuschlag und der Untersuchung der Proben auf Baustofffestigkeit zeigte sich, dass auch hier „Violet de Rennes“, mit deutlich geringeren Festigkeitswerten, eine Sonderstellung einnahm (Tab. 1). Als Einflussfaktoren auf die Druckfestigkeit konnten insbesondere Zucker-, Inulin- und Ligningehalt ermittelt werden. Während die Speicherstoffe einen negativen Einfluss hatten, ging mit einem hohen Ligningehalt auch eine hohe Festigkeit der Proben einher (Tab. 2).

Ein weiterer, direkter Zusammenhang konnte zwischen der Druckfestigkeit und der Wasserbindung der Betonproben festgestellt werden. Je weniger Wasser die Proben vom Zeitpunkt der Herstellung bis zum Ende der Trocknung (insgesamt 21 Tage) verloren, umso fester waren sie bei der Materialprüfung (Tab. 2).

**Tab. 2:** Korrelationen zwischen verschiedenen Parametern

	Fruktose	Inulin	Zellulose	Lignin	Wasserbindung	Druckfestigkeit
Fruktose (M.-%)	1,00	-	-	-	-	-
Inulin (M.-%)	1,00	1,00	-	-	-	-
Zellulose (M.-%)	-0,79	-0,75	1,00	-	-	-
Lignin (M.-%)	-0,70	-0,69	0,31	1,00	-	-
Wasserbindung (M.-%)	-0,98	-0,98	0,68	0,75	1,00	-
Druckfestigkeit (N/mm <sup>2</sup> )	-0,96	-0,98	0,64	0,70	0,98	1,00

Aus den vorliegenden Ergebnissen geht hervor, dass die Sorten „Rote Landsorte“ und „Rote Zonenkugel“ gute Festigkeitswerte zeigten und daher mit Großgräsern, zu denen vergleichbare Untersuchungen vorliegen, konkurrieren können. Als Haupteinflussfaktoren auf die Druckfestigkeit konnten Fruktose-, Inulin- und Ligningehalt, sowie die Wasserbindung im Beton bestimmt werden.

## Literatur

- Pude, R. (2005): Bedeutung morphologischer, chemischer und physikalischer Parameter sowie ihre Interaktionen zur Beurteilung der Baustoffeignung unterschiedlicher *Miscanthus*-Herkünfte. Verlag Wehle, Bad Neuenahr.
- Stolzenburg, K. (2002): Anbau und Verwertung von Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.). Reihe: Informationen für die Pflanzenproduktion, Sonderheft 1/2002. Hrsg. Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim. Eigenverlag, Rheinstetten.

## **Beta-Rüben- ein nachwachsender Rohstoff für Ernährung, Industrie und Energie**

Bernward Märländer

### **Einleitung**

In Deutschland erfolgte 2005 auf 419.000 ha die Erzeugung von etwa 25,3 Mio. t Zuckerrüben, die in 26 Zuckerfabriken zu Zucker, Rübenmark (Schnitzel) und Melasse verarbeitet wurden. Als Nebenprodukt der Zuckererzeugung fällt zusätzlich u. a. Carbonatationskalk an. Die Verwertung von Zucker erfolgt überwiegend als Nahrungsmittel. Das Rübenmark wird in Form von Nass- oder Trockenschnitzeln, zum Teil auch mit Melasse angereichert, als Futtermittel bereitgestellt. Die Melasse ist ein Rohstoff für die Ernährungsindustrie, vorzugsweise die Erzeugung von Hefen. Carbonatationskalk wird als hochwirksamer Kalkdünger innerhalb der Fruchtfolge in den Stoffkreislauf zurückgeführt. Zusätzlich erfolgt die Erzeugung von Biogas, je nach technischer Ausstattung der Fabrik unterschiedlich, im Rahmen der Wasseraufbereitung oder der Verwertung von Rübenkleinteilen, die bei der Rübenannahme und Aufbereitung anfallen. Das Biogas wird entweder zur Erzeugung von Strom oder in Blockheizkraftwerken gleichzeitig zur Bereitstellung von thermischer Prozessenergie für die Zuckererzeugung verwertet. Der Anbau von Futterrüben erfolgt dagegen nur noch auf etwa 10.000 ha ausschließlich als Futtermittel.

### **Quoten- und Industrierüben**

Infolge der Reform der Zuckermarktordnung verminderte sich die Anbaufläche in 2006 auf 356.000 ha. Für den Anbau in 2007 ist wieder von einer Ausdehnung der Anbaufläche auszugehen. Ursache dafür ist der durch die Reform der Zuckermarktordnung mögliche Zukauf zusätzlicher Quote in Höhe von 238.000 t Zucker (entsprechend etwa 1,2 Mio. t Zuckerrüben), damit einer Gesamtquote von ca. 3,1 Mio t für die Zuckererzeugung für Ernährungszwecke in Deutschland. Die Produktion von Zucker als Nahrungsmittel erfolgt im Rahmen von Lieferverpflichtungen, die in Branchenvereinbarungen festgelegt werden, mit für den Landwirt garantierten Erlösen von 32,9 € pro t Rüben in 2006, die sich bis 2009/10 auf 26,3 € pro t Rüben verringern. Ohne garantierte Erlöse, aber ebenfalls mit Vertragsanbau und Lieferverpflichtungen gegenüber der Zuckerfabrik, ist die zusätzliche Erzeugung so genannter Industrierüben möglich. Die Verwertung dieser Industrierüben kann zur Erzeugung von Bioethanol und zur spezifisch stofflichen Verwertung erfolgen. Darüber hinaus ist jederzeit die Produktion von Zuckerrüben für eine innerbetriebliche Verwertung, zum Beispiel die Erzeugung von Biogas, möglich. Dies könnte vor allem so genannte Überschussrüben betreffen, die infolge eines jahresbedingt hohen Zuckerertrags außerhalb der Lieferverpflichtungen anfallen.

### **Stoffliche Verwertung**

Zucker aus Zuckerrüben ist ein idealer industrieller Rohstoff, der durch Prozesse der technischen Chemie effizient weiterverarbeitet werden kann (Kunz 2006). Saccharose ist ein Disaccharid aus je einem Molekül Fructose und Glucose. Durch Hydrolyse oder chromatografische Trennung werden jährlich in Deutschland etwa 400.000 t Saccharose in großtechnischen Anlagen zu Glucose und Fructose verarbeitet. Während Fructose und Saccharose/Glucose/Fructose Mischungen (Flüssigzucker) vorrangig für die menschliche Ernährung genutzt werden, ist Glucose ein hervorragender industrieller Grundrohstoff für die chemische oder biochemische Katalyse zu Säuren, Oligosacchariden, Enzymen oder hoch molekulare Polymerisation (z. B. Amylose/ Schaumstoff). Die weiterverarbeitende chemische Industrie in Europa geht von einer stark steigenden Nachfrage nach diesem Rohstoff aus (Vermeulen 2006), so dass von einer stetig steigenden Anbaufläche von Zuckerrüben für diese Verwertung auszugehen ist. Besondere Bedeutung hat schon heute die technische Herstellung von

Isomalt als kalorienarmer Zuckeraustauschstoff durch biochemisch/mikrobielle Isomerisierung von Saccharose mit einer Verarbeitung von über 1 Mio. t Zuckerrüben (entsprechend etwa 150.000 t Saccharose).

### **Energetische Nutzung**

Zuckerrüben erzielen mit über 200 GJ pro ha einen nahezu doppelt so hohen Energieertrag als Getreide (Wegener 2001). Zuckerrüben eignen sich deshalb hervorragend über die Nutzung von Dicksaft (hoch konzentrierte Saccharoselösung) für die Erzeugung von Energieträgern insbesondere von Bioethanol (Abb. 1). Durch den von der EU festgesetzten Beimischungszwang von 5,75 % Energieäquivalenten zu fossilem Brennstoff bis 2010 erfolgt zur Zeit die Investition in zahlreiche Bioethanolanlagen für die Verarbeitung von Getreide und/oder Zuckerrüben. Bereits bis 2008 ist von einer Bioethanolproduktion aus über 2 Mio. t Zuckerrüben entsprechend etwa 40.000 ha in Deutschland auszugehen. Die Produktion erfolgt in Annexanlagen von spezifischen Zuckerfabriken, der Anbau von Zuckerrüben jedoch im Einzugsgebiet verschiedener räumlich davon getrennten Zuckerfabriken (Nordzucker AG 2006). Im Vergleich zu Zuckerrüben ist dagegen die Energieerzeugung durch Futterrüben durch einen um etwa 15 % niedrigeren Trockenmasseertrag und zusätzlich um etwa 5 % geringeren Gehalt an Trockensubstanz gekennzeichnet (Ladewig und Märländer 2006). Auch für die Produktion von Biogas im eigenen landwirtschaftlichen Betrieb ist deshalb der Anbau von Zuckerrüben wegen des höheren Energieertrages vorzuziehen. Der Anbau von Beta-Rüben ist grundsätzlich mit einer gewissen Erdfracht vom Feld in die Biogasanlage verbunden. Das Waschen von Zuckerrüben wäre einfach und logistisch effizient in Zuckerfabriken möglich. Eine hohe Einspeisungsgebühr in das Stromnetz ist jedoch derzeit rechtlich nur für Rohstoffe möglich, die industriell nicht weiter ver-/bearbeitet worden sind.

Die für die Erzeugung von Zucker und Dicksaft für Bioethanol erforderliche Energie wird durch den Einsatz fossiler Rohstoffe gedeckt. Die Produktion von Zucker/Dicksaft aus Zuckerrohr erfolgt dagegen energetisch durch die Nutzung von Bagasse. Jedoch würde die Energiegewinnung aus der Verbrennung oder Vergärung des bei der Zuckererzeugung aus Zuckerrüben anfallenden Rübenmark und der Melasse den Energiebedarf einer Zuckerfabrik überkompensieren (Linnes et al. 2006). Die Nutzung dieser Koppelprodukte als hochwertige und hochpreisige Futtermittel sowie die ökonomischen Rahmenbedingungen der Zuckererzeugung in Deutschland bedingen jedoch (zumindest noch) keinen Anreiz für die energetische Nutzung im Vergleich zur Bagasse aus Zuckerrohr.

### **Ausblick**

Die aus Zuckerrüben erzeugten Haupt- und Nebenprodukte bieten zukünftig noch vielmehr als heute vielfältige Möglichkeiten der effizienten Nutzung als Nahrungs- und Futtermittel sowie industrieller und energieliefernder Rohstoff.

### **Literatur**

- Kunz, M. 2006: Festkolloquium, Braunschweig, 21. April.
- Hoffmann, C. 2006: Zuckerrüben als Rohstoff – Die technische Qualität als Voraussetzung für eine effiziente Verarbeitung. Habilitationsschrift Universität Göttingen, Göttingen, ISBN 3-930333-87-2, ISBN 978-3-930333-87-5.
- Ladewig, E. und B. Märländer, 2006: Ertragsleistung von nachwachsenden Rohstoffen. Was leisten Zuckerrübe und Futterrübe im Vergleich? Zuckerrübe 4:231-233.
- Linnes, C., N. Stockfisch und B. Märländer, 2006: Rübenschnitzel als nachwachsender Rohstoff. Eine energetische Betrachtung von Nebenprodukten der Zuckerproduktion. Zuckerrübe 3:172-173.
- Nordzucker AG, 2006. In: Akzente, Sonderausgabe Bioethanol.
- Vermeulen, von M., 2006: Aussichten für die Entwicklung der Verwendungen von Zucker in der chemischen Industrie und in der Hefeindustrie. In: Bericht N° 9, XLI CIBE Kongress, 12.-16. Juni, Krakau, Polen.
- Wegener U., 2001: Dauerhafte Bodenbearbeitungsverfahren in Zuckerrübenfruchtfolgen – Ertragsbildung, Rentabilität, Energiebilanz und Bodenerosion im Vergleich. Diss. Göttingen.



## Thermische Extraktion. Untersuchung zur Reproduzierbarkeit der TE-GC mit Thymianpulver

Wolfgang Fink & Peter Kusch

### Einleitung

Bei der thermischen Extraktion (TE) wird das pflanzliche Untersuchungsmaterial schlagartig erhitzt. Dabei gehen die flüchtigen Komponenten in die Gasphase über und werden vom Trägergasstrom direkt in die gaschromatographische Säule überführt (TE-GC).

Das Probenmaterial besteht aus Thymianpulver. Die flüchtigen Komponenten werden nach der gaschromatographischen Trennung massenspektrometrisch identifiziert.

Insgesamt wurden zwanzig Experimente unter identischen Bedingungen durchgeführt. Die relativen Signalfächen wurden mit den Ergebnissen der Analyse des mittels Wasserdampfdestillation (Pharm. Eur.) aus dem Probenmaterial gewonnenen ätherischen Öls verglichen.

### Material und Methoden

Thermische Extraktion: SGE Pyrojector, Extraktionstemperatur: 250°C, Probenmenge: etwa 0,6 mg, Gaschromatographie: Thermo-Finnigan GC/MS System mit Elektronenstoßionisation, Trägergas: Helium (70 kPa), Kapillarsäule: DB-5MS (J&W) 60 m, 0,25 mm, 0,25 µm, Temperatur-Programm: 100°C (1 min) – 2,5°C/min – 185°C (10 min), Injektortemperatur: 250 °C, Split: 50 ml/min.

### Ergebnisse und Diskussion

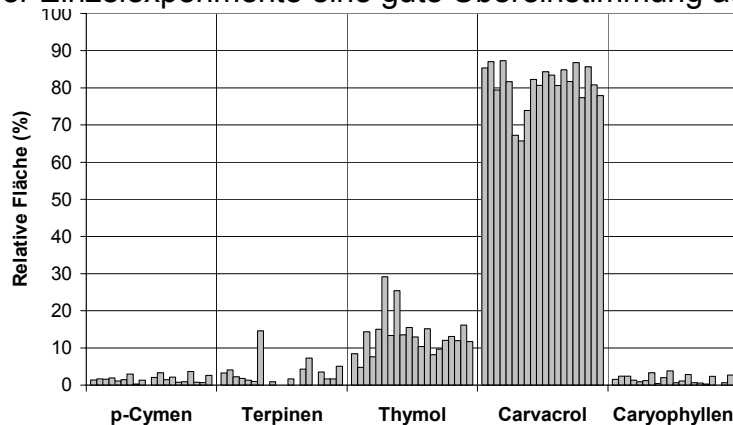
Im thermischen Extrakt des gepulverten Thymians konnten die gleichen Substanzen wie im ätherischen Öl identifiziert werden (Tab. 1). Ölkompnenten mit einem relativen Gehalt von < 1% wurden nicht quantifiziert.

**Tab. 1:** Zusammensetzung des ätherischen Öls und des thermischen Extraktes.

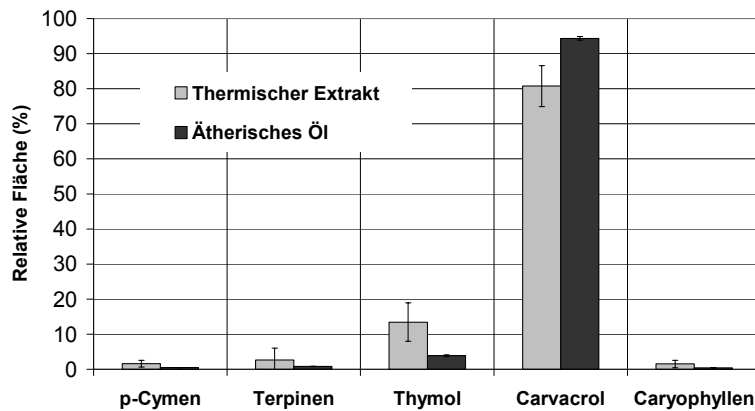
Komponente	$t_R$	$T_b$	Ätherisches Öl		Thermischer Extrakt	
			A	$\sigma_A$	A	$\sigma_A$
$\beta$ -Pinen	11,0	164-165	< 0,01	–	< 0,01	–
$\alpha$ -Terpinen	12,0	173-174	0,08	11	< 0,01	–
p-Cymen	12,3	177	0,49	9,6	1,6	60
$\gamma$ -Terpinen	13,4	183	0,81	9,2	2,7	126
Linalool	14,7	198-200	0,16	15	< 0,01	–
Borneol	18,4	212	0,14	8,0	< 0,01	–
Thymol	23,3	233	3,9	6,4	13	41
Carvacrol	24,0	237-238	94,0	0,4	81	7,2
Caryophyllen	30,6	?	0,44	5,9	1,5	71

$t_R$ : Retentionszeit in Minuten,  $T_b$ : Siedepunkt in °C, A: Relative Peakfläche in % (Mittelwerte),  $\sigma_A$ : Standardabweichung in % (Mittelwerte).

Die quantitative Auswertung ergibt für den thermischen Extrakt höhere Standardabweichungen als für das ätherische Öl (Tab. 1). Dennoch weisen die Komponentenprofile aller Einzelexperimente eine gute Übereinstimmung auf (Abb. 1).



**Abb. 1:** Gehalte aller quantifizierten Komponenten (%-Fläche). Vergleich von 20 TE-GC-Messungen.



**Abb. 2:** Quantitative Zusammensetzung des thermischen Extraktes (Mittelwerte) und der Zusammensetzung des ätherischen Öls im Vergleich.

Der Vergleich der Mittelwerte ist in Abb. 2 dargestellt. Die Profile des thermischen Extraktes und des ätherischen Öls weisen eine gute Übereinstimmung auf.

Die in Abb. 2 erkennbaren Unterschiede in den Profilen können verschiedene Ursachen haben:

- das Pulvermaterial ist nicht homogen (natürliche Inhomogenität)
- bei der thermischen Extraktion kommt es zu Zersetzungsreaktionen.
- bei der thermischen Extraktion wird die Komponente mit dem höchsten Siedepunkt (Carvacrol) nur unvollständig freigesetzt, was relativ zu einem höheren Gehalt an niedriger siedenden Substanzen führt.

Diese Untersuchung zeigt, dass die TE-GC prinzipiell geeignet ist, auf einfache Weise verschiedene Sorten oder chemische Rassen von Ätherische-Öl-Drogen zu unterscheiden. Im Gegensatz zur Festphasenmikroextraktion (s. z.B. Distler und Schulz, 2005) entfallen bei der thermischen Extraktion arbeitsintensive Vorarbeiten zur Optimierung der Extraktionsbedingungen.

## Literatur

Distler, D.; Schulz, H. (2005): Schnelle Chemotyp-Charakterisierung von Ätherischöl-Drogen mittels Festphasenmikroextraktion-Gaschromatographie. *Z. Arnz.Gew.Pfl.* 10(1), 53-57.

## **Einfluss des Erntetermins auf die antifungale Aktivität von Holunderextrakten**

Katharina Kuhn, Karin Förster & Wulf Diepenbrock

### **Einleitung**

Neben der Anwendung physikalischer Methoden zählen Mittel auf pflanzlicher Basis zu den Verfahren, die zur Bekämpfung samenbürtiger Pilze im ökologischen Landbau eingesetzt werden können (Jahn 2002).

In vitro hemmen Extrakte aus Schwarzem Holunder (*Sambucus nigra* L.) das Wachstum von *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. und *Microdochium nivale* (Fries). Kuhn u. a. (2005) konnten zeigen, dass die antifungale Wirkung der Extrakte sortenabhängig ist. Da neben dem Einfluss der Sorte, auch ein Einfluss der Vegetationsdauer und des Jahres auf den Wirkstoffgehalt denkbar ist, wurde dies in einem zweijährigen Versuch mit mehreren Ernteterminen untersucht. Der Einfluss der Sorten wurde ebenfalls mit geprüft.

### **Material und Methoden**

In der Tabelle 1 sind die beernteten Sorten und die Erntetermine dargestellt. Zu jedem Termin wurden alle 5 Sorten beerntet. Im Jahr 2004 wurde im Frühjahr (Mai) keine Ernte durchgeführt.

Tab. 1: Materialernten auf der Plantage der Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau Erfurt (Thüringen)

Jahr		Erntetermin		Sorte	
1	2004	2	28.07.	1	Riese aus Voßloch
		3	29.09.	2	Samdal
2	2005	1	24.05.	3	Sampo
		2	29.07	4	Haschberg
		3	05.10.	5	Haidegg Klon 13

Die Extrakterstellung erfolgte unter definierten Bedingungen aus frischem Erntematerial mit drei Parallelansätzen pro Sorte (ein Baum je Ansatz), wobei alle Ansätze auf den gleichen Trockenmassegehalt eingestellt wurden.

Wirkungsprüfung: Die antifungale Wirkung der Extrakte wurde mit dem Extrakt-Agar-Wachstumstest für hitzelabile Substanzen geprüft (Kuhn u. a. 2005). Die Myzelfläche wurde täglich bestimmt.

Auswertung: Zur Prüfung der Einflüsse auf das Pilzwachstum wurde mit der Prozedur „proc glm“ SAS (Institute Inc. Cary, NC, US, Release 8.2) eine dreifaktorielle (2 Jahre, 3 Erntetermine, 5 Sorten) Varianzanalyse ( $P=0,95$ ) durchgeführt. Der Mittelwertvergleich erfolgte mit dem Tukey-Test.

### **Ergebnisse und Diskussion**

*F. culmorum* und *M. nivale* unterscheiden sich nur geringfügig in ihrer Reaktion auf die Extrakte. Bei einer Konzentration von 75 bzw. 50 % führten die Extrakte aller Sorten meistens zu einer vollständigen Hemmung beider Pathogene. Deswegen wer-

den im Folgenden nur die Ergebnisse der Extraktkonzentrationen 10 % und 25 % dargestellt.

Die Varianzanalyse nach 3 und 7 Inkubationstagen ergab, dass neben den Sorten auch die Erntetermine und die Erntejahre die Wirkung der Extrakte beeinflussen. Ebenso konnte teilweise eine Wechselwirkung zwischen Sorte und Erntetermin, Sorte und Jahr sowie zwischen allen drei Prüffaktoren nachgewiesen werden. Die Mittelwerte der Konzentrationen 10 % und 25 % wurden aus diesem Grund nur auf der Stufe „Erntetermin“ verglichen. Bedingt durch die natürliche Variabilität der Parallelextrakte kommt es zu hohen Grenzdifferenzen (GD).

Aus Tabelle 2 geht hervor, dass auf der Konzentrationsstufe 10 % im Jahr 2004 und im Juli 2005 die Extrakte der Sorte Sampo (3) eine geringere antifungale Wirkung aufwiesen als die Extrakte der Sorten 1 und 2. Zum Erntetermin 24.05.05 bestand kein signifikanter Sorteneinfluss.

Tab. 2: Wirkung von Holunderextrakten verschiedener Sorten und von unterschiedlichen Ernteterminen auf das Pilzwachstum (Myzelfläche [mm<sup>2</sup>]) nach dreitägiger Inkubation (n=3, Tukey-Test, dargestellt je Konzentration; keine Buchstaben: Sorte hat keinen signifikanten Einfluss; 1 Riese aus Voßloch, 2 Samdal, 3 Sampo, 4 Haschberg, 5 Haidegg Klon 13; Ø Kontrolle: 962 mm<sup>2</sup>)

		Erntetermin / Extraktkonzentration									
		28.07.04		29.09.04		24.05.05		29.07.05		05.10.05	
Pathogen	Sorte	10 %	25 %	10 %	25 %	10 %	25 %	10 %	25 %	10 %	25 %
<i>M. nivale</i>	1	22 a	0 a	181 a	115 a	27	61	0 a	0 a	0 a	2 a
	2	7 a	0 a	167 a	0 a	200	17	16 a	0 a	48 ab	0 a
	3	365 b	9 a	520 b	82 a	321	326	40 b	14 a	43 ab	19 a
	4	191ab	0 a	304 a	0 a	353	179	12 a	0 a	108 b	13 a
	5	0 a	0 a	203 a	0 a	200	7	20 ab	0 a	38 ab	0 a
	GD		271		176				24		75
<i>F. culmorum</i>	1	36 a	0 a	159 a	155 a	39	69	0	0	0 a	0 a
	2	21 a	0 a	151 a	0 a	209	60	7	0	7 ab	0 a
	3	430 b	25 a	546 b	103 a	226	384	0	13	18 ab	0 a
	4	355 ab	0 a	297 a	7 a	303	162	0	0	28 b	13 a
	5	29 a	0 a	342 ab	9 a	178	39	7	0	9 ab	0 a
	GD		340		213						27

Die Extrakte der Sorten Riese aus Voßloch (1) und Samdal (2) hemmen das Pilzwachstum generell besser als die Extrakte der Sorten Haschberg (4) und Haidegg Klon 13 (5).

### Zusammenfassung

Die zweijährigen Untersuchungen lassen erwarten, dass für die geprüften Sorten mit einer Ernte Ende Juli eine stabile antifungale Wirkung erzielt werden kann.

### Literatur

Jahn, M. 2002: Saatgutbehandlung im ökologischen Landbau. Forschungsreport 1: 12-15.  
 Kuhn, K.; K. Förster; W. Diepenbrock 2005: Antifungale Wirksamkeit von Extrakten aus fünf Holundersorten. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, 247-248.

Die Autoren bedanken sich bei der LVG in Erfurt, insbesondere bei Frau Möhler für die freundliche Unterstützung und die Bereitstellung des Untersuchungsmaterials.

## Phosphat aus Tierknochen- ein nachwachsender Rohstoff

Wilfried Hübner & Klaus Buttchereit<sup>1</sup>

### Einleitung

Phosphor als Pflanzennährstoff ist in den Jahren der Stickstoffeuphorie etwas aus dem Blickfeld der Landwirte und auch der Agrarforschung gerückt. Über die Bedeutung gibt es aber keinen Zweifel. Der erste Dauerfeldversuch der Welt in Rothamsted war ein Phosphordüngungsversuch. Auch in jüngerer Zeit gibt es Veröffentlichungen, die die Ertragswirkung der Phosphordüngung sogar bei günstiger Versorgungssituation des Bodens hinweisen. Immerhin brachte Mais in der Versorgungsklasse C noch einen Mehrertrag von 18 % (Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Relative Mehrerträge durch P-Düngung nach KERSCHBERGER M. und SCHRÖTER H. 1996 (gekürzt)

Fruchtart	Gehaltsklasse	Mehrertrag (%)	Gehaltsklasse	Mehrertrag (%)
Mais		29		18
Wintergerste	<b>B</b>	20	<b>C</b>	9
Kartoffeln		17		4

Phosphor wird dem Boden durch Mineraldüngung oder organische Düngung zugeführt. Die Angaben zu den Ressourcen des Rohstoffes Apatit schwanken unterhalb von 100 Jahren Verfügbarkeit. Das führt zu einem fortschreitenden Anstieg der Düngerpreise und zur Reduzierung des Einsatzes in der Landwirtschaft. Inzwischen haben die Preise pro kg P-Düngung fast das Niveau der Stickstoffdünger (Kalkammonsalpeter) erreicht. Seit Beginn der 90er Jahre ging der P-Einsatz aus Mineraldünger in Europa um mehr als 25 % zurück. Das hat Konsequenzen für die Nährstoffbilanz der Ackerböden und wirkt sich besonders in Regionen mit geringem Tierbesatz extrem nachteilig aus. In viehlosen Betrieben Brandenburgs betrug der Fehlbetrag pro Hektar und Jahr 2005 12 kg P/ha, in Sachsen-Anhalt waren es 7,3 kg/ha (ROSCHKE M. 2005, v. WULFFEN U. 2004).

Die sich verschärfende Situation gebietet, den Nährstoffkreisläufen entsprechend dem Sinn des Kreislaufwirtschaftsgesetzes der Bundesrepublik mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Eine der zu erschließenden Phosphatsenken ist der Schlachthausabfall und dabei insbesondere die Tierknochen. 1998 waren das 664 500 t Rinder- und Schweineknochen (BRANSCHIED W. 2001), das ist bei einem P-Gehalt von 7,2 % eine „nachwachsende“ Phosphatressource von 47 844 t P/Jahr. Im Verhältnis zu den 2003 ausgebrachten 124 000 t mineralischer Phosphordüngung entspricht das 38 %. Im Apatit als auch im Tierknochen vorliegendes schwerlösliches Phosphat kann mittels geeigneter Aufschlussverfahren in pflanzenverfügbare Formen überführt werden. Das im Versuch geprüfte Monokalziumphosphat (Tang-Humu-Phos®) aus entleimten und entfetteten Tierknochen weist folgende Löslichkeiten auf:

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> wasserlöslich	41,6%	neutr.-ammoncitratl.+wasserlöslich	51,6%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> zitronensäurelöslich	51,5%	mineralsäurelöslich	51,7%

## Ergebnisse und Diskussion

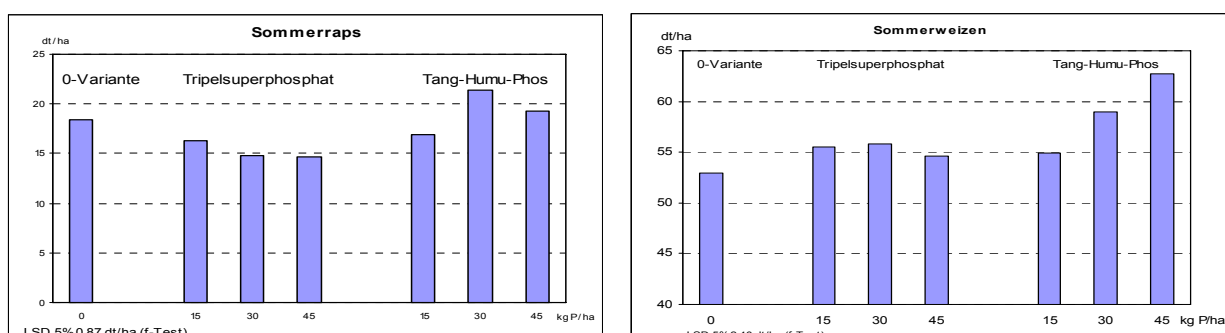
In Gefäß- und Feldversuchen mit verschiedenen Fruchtarten konnte die Vorzüglichkeit des Tang-Humu-Phos nachgewiesen werden. Die Ertragswirkung lag zum Teil über der des Tripelsuperphosphates (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Faserhanfertrag 2002 Gardelegen in Abhängigkeit von der P-Düngung

Düngerart	(dt/ha TS)	(%)
ohne P	114,7	100
Tang-Humu-Phos	123,7	107,8
Tripelsuperphosphat	116,8	101,8

LSD 5% 9,5 dt/ha TS

Die Abbildung 1 zeigt Feldversuchsergebnisse von Sommerraps und Sommerweizen aus dem Jahr 2004.



**Abbildung 1:** Ertrag von Sommerraps und Sommerweizen und Phosphatdüngung

Bemerkenswert ist die Erhöhung des Phosphatgehaltes in der Pflanzenmasse nach Düngung mit leichtlöslichen Phosphaten (Tabelle 3). Der Unterschied zwischen den geprüften Mineraldüngern und der Laborchemikalie K-Hydrogenphosphat war gering.

**Tabelle 3:** Phosphorgehalt (% in TS) von Gelbsenf im Gefäßversuch

P (g/Gefäß)	0	0,5	1,00	1,5
Tang-Humu-Phos	0,35	0,49	0,51	0,57
Tripelsuperphosphat	0,35	0,46	0,50	0,55
Kaliumhydrogenphosphat	0,35	0,48	0,50	0,53

LSD 5 % 0,046 %

## Literatur

- BRANSCHIED W. 2001, Stand und Probleme der Verwertung von Fleischnebenprodukten. In: Innovationsforum Wertschöpfungsketten in der Naturstoffverarbeitung, 10./11. 12. 2001 Gardelegen, tdi Magdeburg.
- KERSCHBERGER M., SCHRÖTER H. 1996, Ergebnisse von Dauerversuchen zur P-Düngung auf Acker- und Grünlandstandorten in Ostdeutschland. In: VDLUFA- Schriftenreihe 42/1996 S. 20 -35.
- ROSCHKE M. 2005, pers. Mitteilung.
- v. WULFFEN U. 2004, pers. Mitteilung.

## Agrar-ökologische Bewertung von Ackerbausystemen mit Raps-Fruchtfolgen

Friederike de Mol & Bärbel Gerowitt

### Einleitung

Intensiver Ackerbau mit dem Ziel nachhaltig hoher Erträge kann zu Umweltproblemen führen, wofür es in den letzten Jahren eine zunehmende Sensibilisierung auch unter Landwirten gibt. Die Erfassung von Umweltverträglichkeit der Landwirtschaft ist wegen der Komplexität jedoch schwierig. Deshalb werden für eine umweltrelevante Bewertung von Ackerbausystemen vereinfachende Indikatoren herangezogen (Girardin et al. 1999).

INDIGO, eine Beratungssoftware zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit ackerbaulicher Produktion, wurde vom INRA (Institut National pour la Recherche Agronomique, Colmar) in Zusammenarbeit mit der ARAA entwickelt (ITADA 2000). Sie berechnet ein Set agrar-ökologischer Kenngrößen. Anhand von Daten des Göttinger INTEX-Versuchs wird beispielhaft die Umweltverträglichkeit von verschiedenen Ackerbausystemen mit Raps-Fruchtfolgen verglichen.

### Material und Methoden

Im INTEX-Versuch wurden auf 1 bis 2,5 ha großen Schlägen Anbausysteme unterschiedlicher Intensität untersucht (Steinmann und Gerowitt 2000). Datengrundlage dieses Beitrags sind die Schlagkarteien an den Standorten Reinshof (Leinetal) und Marienstein (Hügelland) aus den Jahren 1995 - 1998 mit folgenden Varianten:

	<b>Ordnungsgemäß</b>	<b>Integriert-flexibel</b>	<b>Integriert-pfluglos</b>
Bodenbearbeitung	Pflug	Pflug (flexibel)	nicht-wendend (Grubber)
Fruchtfolge	Raps - Weizen - Gerste	Raps - Ausfallraps - Hafer - Weizen - Rotationsbrache	Raps - Ausfallraps - Hafer - Weizen - Rotationsbrache
N-Düngung	gute fachl. Praxis	Bilanzausgleich	Bilanzausgleich
Pflanzenschutz	gute fachl. Praxis; Einsatz von Herbiziden, Fungiziden, Insektiziden und Wachstumsreglern	Bekämpfungsschwellen, keine Wachstumsregler, mechan. Unkrautbekämpfung, Sortenwahl	Bekämpfungsschwellen, keine Wachstumsregler, Sortenwahl

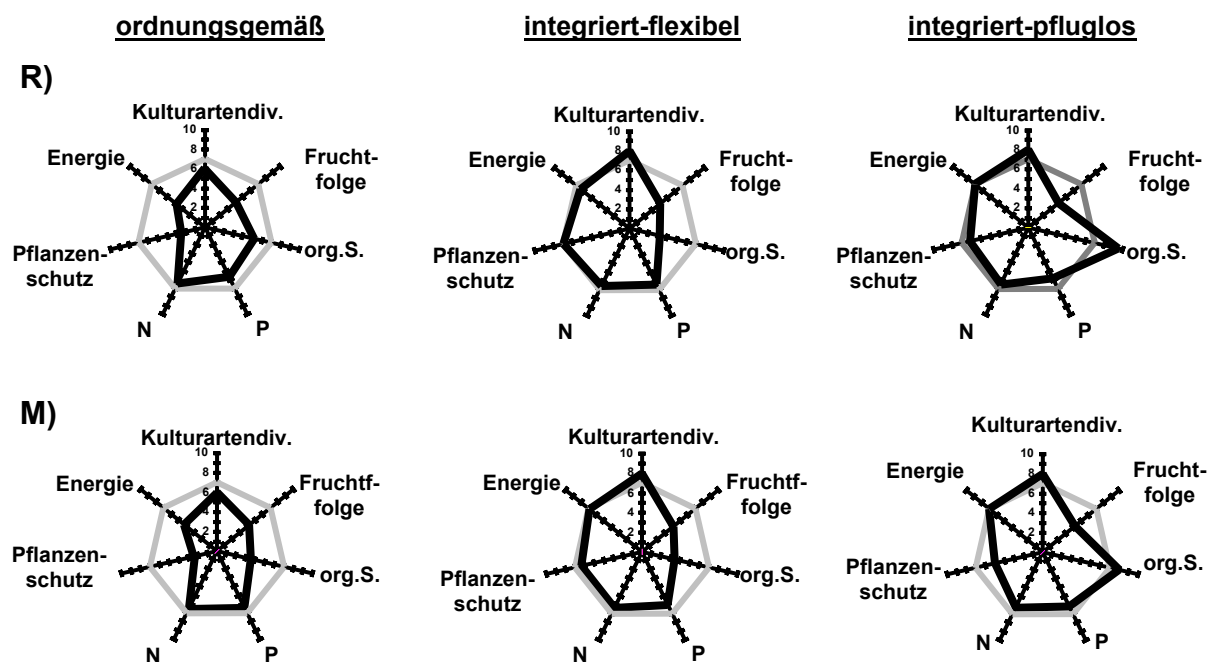
Mit dem Programm INDIGO (deutsche Version, Jahr 2001) wurden die Indikatoren für Kulturartendiversität, Fruchtfolge, organische Substanz des Bodens, Phosphor, Stickstoff, Pflanzenschutz und Energie errechnet. Für jeden Bereich wird den Ergebnissen ein Wert zwischen 0 (sehr schlecht) bis 10 (sehr gut) zugewiesen.

## Ergebnisse und Diskussion

Die hier benutzten Ackerbausysteme lassen in der Bewertung durch die INDIGO-Indikatoren kaum Unterschiede zwischen den Standorten Reinshof und Marienstein erkennen (Abbildung 1).

Der von INDIGO als Minimum für eine umweltverträgliche Landwirtschaft angestrebte Wert 7 wird sowohl vom ordnungsgemäßen System wie auch von den integrierten Systemen nur selten erreicht.

Hinsichtlich der Kulturartendiversität, des Pflanzenschutzmitteleinsatzes und des Energieeinsatzes werden die integrierten Systeme besser bewertet als das System ordnungsgemäß. Ähnlich war für alle Systeme der Stickstoff-Indikator. Der Kennwert Organische Substanz kann durch eine pfluglose Bodenbearbeitung erhöht werden.



**Abb 1:** Bewertung der Anbausysteme mit INDIGO (R: Reinshof, M: Marienstein; — errechnet, — angestrebter Wert; Mittelwerte aus 4 Jahren und 3 bzw. 4 Schlägen)

Für eine weitere Interpretation der Kenngrößen muss die Art der Berechnung der Indikatoren herangezogen werden. Insbesondere für Maßnahmen zur Optimierung der Systeme hinsichtlich der Umweltverträglichkeit aber auch für einen Vergleich mit anderen Bewertungssystemen wie z.B. KUL ist es notwendig, Rechenweg wie auch Bewertungsfunktionen zu kennen.

## Literatur

- Girardin, P., Bockstaller, C., van der Werf, H. M. G., 1999: Indicators: tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 13, 5-21.
- ITADA (Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique), 2001: Anwendung des Verfahrens 'Agrarökologische Kenngrößen'. Abschlussbericht Projekt 1.1.2.
- Steinmann, H.-H. und Gerowitt, B. (Hrsg.), 2000: Ackerbau in der Kulturlandschaft- Funktionen und Leistungen, Ergebnisse des Göttinger INTEX- Projekts. Duderstadt, Mecke.



## The response of winter rape to cultivation in multiyear monoculture

Jan Adamiak & Ewa Adamiak

### Introduction

Oil from various cultivated plants can be used for fuel production. However, under Polish conditions it is winter rape that gives the highest oil yield per area unit [Budzyński and Ojczyk 1996]. The profitability of producing oil from rape is guaranteed by installations manufacturing 100-150 thousand tons of biodiesel per year [Budzyński and Bielski 2004]. Taking into account soil requirements and cropping level of rape, such production will enforce a concentration of its cultivation in a crop rotation, and in extreme cases it will lead to growing rape in monoculture. In spite of a high tolerance of this species to a repeated sowing after itself, there occurs, as a rule, a reduction of seed crop. In a 6-9-year monoculture, Adamiak [1980] found out a 17% drop in the yield. According to Zawiślak and Tyburski's estimate [1992] the productivity of winter rape in monoculture in relation to crop rotation, depending on the duration of the cultivation and agroecological conditions, oscillates between 69% and 117%. The aim of this paper is to present the response of winter rape cultivars to a multiyear cultivation with different levels of protection.

### Material and Method

The research was carried out in the years 1999-2004 in a strict, static field experiment at the Production and Experimental Establishment at Bałcyny. It covers years 32-37 of winter rape cultivation in monoculture. The experiment was established on *lessivé*-type, dusty, medium-heavy soil, formed from light loam. The comparative object is rape cultivation in a 6-field crop rotation: sugar beet-maize-spring barley-sowing pea-winter rape-winter wheat. A protection level is a secondary factor: 0-no protection; H –protection against weeds; HF –protection against weeds and diseases. Herbicides (Butisan Star) were used immediately after sowing, fungicides (Alert) – in the phase of the flowering of standing rape.

Among rape cultivars, Silvia and Kana were subject to comparison in the years 1999-2004, and Kaszub and Contact in the years 2003-2004. Winter rape fertilization was identical at both sites and amounted to 350 kg NPK (150 N, 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 150 K<sub>2</sub>O).

### Results and discussion

Winter rape cultivation in multiyear monoculture caused a significant decrease in yields (Tab. 1). In the years 1999-2002, an average rape crop in monoculture amounted to 3.67 t per ha and was lower by 10.3% than that obtained in crop rotation. The scale of decline depended on the protection level. The most significant drop was observed in the object with no protection – 18%. An introduction of protection reduced this loss, herbicide being more effective in reducing the yield drop to 4.5% than full protection (7.8%). The reduction of drops is the effect of a different action of pesticides in both systems of vegetal succession. Their application in crop rotation caused a significant drop in yields, while herbicide decreased crops more than complex protection. In monoculture, winter rape productivity was significantly increased owing to chemical protection, with a similar effect at both levels of protection. Among cultivars compared in that period, Kana yielded a little higher crops in both habitats, but the difference was within the limits of a statistical error. Both cultivars responded

similarly to sowing in monoculture, reducing Silvia yields by 9.7%, and Kana yields by 10.8%. Responses to the protection levels did not differ, either.

An exchange of cultivars in the years 2002-2004 increased rape yields only in crop rotation by 8.1%. In monoculture they remained at the same level. In effect, the response of winter rape to multiyear sowing after itself increased on average to 17.2%. Such a tendency occurred at all protection levels while the scale of differences between vegetal succession systems decreased with an intensification of chemical measures. In the object with no protection (O), crop reduction in monoculture, relative to crop rotation, amounted to 23.4%, in the variant treated with herbicide (H) – 15.1%, and with herbicide and fungicide (HF) – 13.2%.

In analogy to previous years, the action of chemical protection was different at both winter rape sites. In crop rotation, it reduced the seed yield insignificantly, in the object protected against weeds (H) – by 3.5%, and in the object protected on a broad basis (HF) – by 2.7%. In monoculture, it significantly increased winter rape yields by 6.9% (H) and 10.4% (HF), respectively. Among cultivars compared in those years, Kaszub cultivar yielded a little higher crops in both systems of vegetal succession. It was also characterized by a slightly lower drop in yield (-16.7%) in monoculture than Contact cultivar (-17.9%). Both cultivars differed in the response to protection levels, particularly in crop rotation. Kaszub cultivar responded with a crop increase by 2.9 and 2.0% at this site, while Contact cultivar decreased productivity by 9.5 and 7.1%. In monoculture, both cultivars increased yields, but also in this case Kaszub cultivar was characterized by considerably higher increases (7.2 and 16.7%) than Contact cultivar (6.7 and 4.3%).

Table 1: Seed yields of winter rape cultivars, t ha<sup>-1</sup>

Cultivars	Crop rotation				Monoculture			
	O	H	HF	average	O	H	HF	average
Silvia	4.12	3.95	3.99	4.02	3.43	3.74	3.72	3.63
Kana	4.32	3.97	4.17	4.15	3.48	3.82	3.80	3.70
average	4.22	3.96	4.08	4.09	3.46	3.78	3.76	3.67
Kaszub	4.41	4.54	4.50	4.48	3.46	3.71	4.03	3.73
Contact	4.62	4.18	4.29	4.36	3.45	3.68	3.60	3.58
average	4.52	4.36	4.40	4.42	3.46	3.70	3.82	3.66

1999-2002

2003-2004

NIR<sub>0,05</sub> for the vegetal succession system

0.24 t

0.28 t

NIR<sub>0,05</sub> for protection level

n.i.

n.i.

NIR<sub>0,05</sub> for cultivars

n.i.

n.i.

NIR<sub>0,05</sub> succession system x protection level

0.29 t

0.32 t

Other interactions

insignificant

insignificant

## Literatur

Adamiak J. 1980: Studia nad uprawą roślin w monokulturze. Zesz. Nauk. ART. Olszt., 30: 99-107.

Budzyński W., Ojczyk T., 1996: Rzepak-produkcja surowca olejarskiego. Wyd. ART. Olsztyn

Budzyński W., Bielski S., 2004: Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego. Cz. I. Biokomponenty paliw płynnych (artykuł przeglądowy). Acta Sci. Pol., Agricultura 3(2): 5-14.

Zawiślak K., Tyburski J., 1992: The tolerance of root, industrial and fodder crops to continuous cultivation. Acta Acad. Agricult. Tech. Olszt., 55: 149-162

## Ein neues Raps-Nutzungskonzept zur Minimierung der Nitratauswaschung

Doris Wagner, Konrad Scheffer & Michael Wachendorf

### Einleitung

Zahlreiche Untersuchungen belegen nach Rapsanbau die höchste Stickstoffbelastung aller flächendominanten Fruchtarten, die sich aus dem relativ hohem Stickstoffbedarf des Raps in Verbindung mit der geringen N-Abfuhr durch das Erntegut ergibt. Durch die Integration von Winterraps in das Zweikultur-Nutzungssystem (ZKN) nach Scheffer et al. (1993), welches eine energetische Nutzung der Ganzpflanzen beinhaltet, werden hohe Stickstoffüberschüsse nach dem Rapsanbau vermieden. In drei Jahren und an zwei Standorten wurde Winterraps mit einem Gemenge aus Mais und Sonnenblumen als zweite Kultur angebaut.

### Material und Methoden

Die Ergebnisse stammen aus einem dreijährigen Feldversuch, der auf der universitären Versuchsstation Hebenshausen (Neu-Eichenberg im Werra-Meißner-Kreis) und in Lemshausen (Gemeinde Rosdorf, Niedersachsen) in den Jahren 2001-2004 durchgeführt wurde. Im Folgenden werden nur ausgewählte Ergebnisse des Standortes Hebenshausen der Jahre 2002-04 dargestellt. Der Standort und die Versuchsanlage sind durch die folgenden Eigenschaften gekennzeichnet:

- mittlere Jahrestemperatur: 7,8 °C
- langjähriges Mittel des Niederschlages: 619 mm/Jahr
- tiefgründige Löß-Parabraunerde
- randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen
- Düngung: 200 kg N/ha (+ 40 kg N/ha in der Zweitkulturvariante „ZKN+N“)
- Erstkultur Winterraps „Panther“, Zweitkultur Mais („Diplomat“)-Sonnenblumen-Gemenge („Helena“)

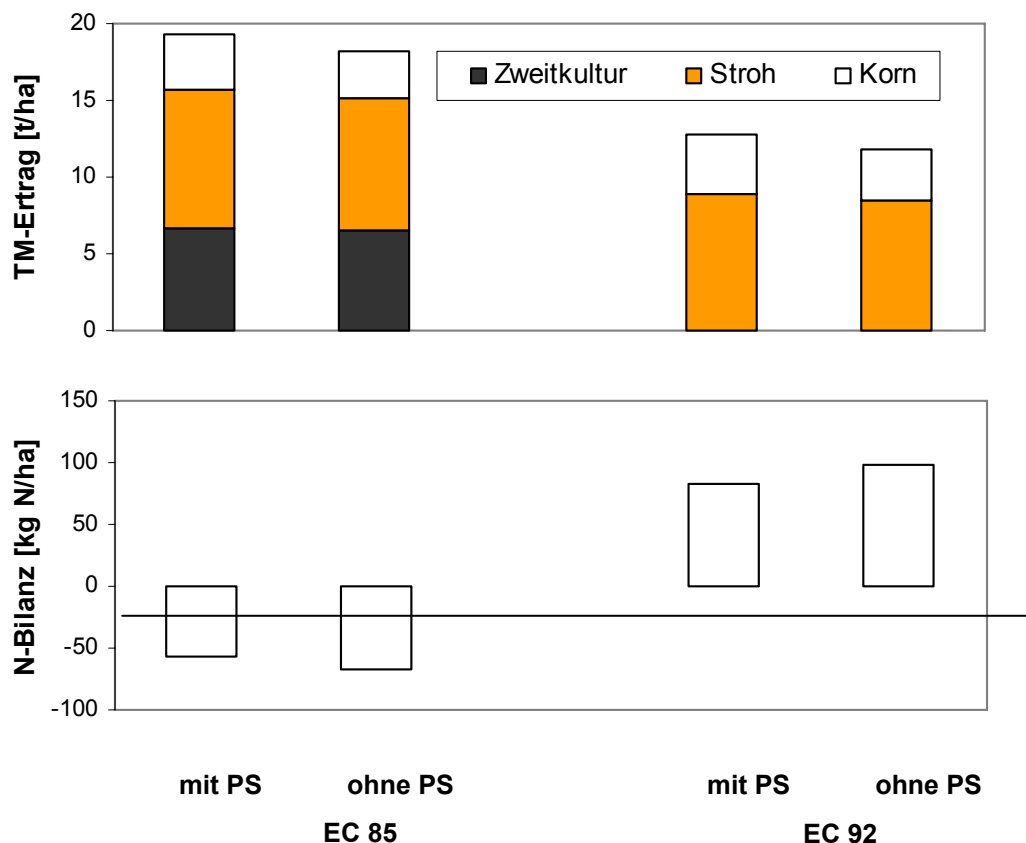
Es erfolgte die Untersuchung der Parameter

- Biomasseerträge der Erst- und Zweitkultur mit (mit PS = Insektizid, Fungizid, Herbizid) und ohne Pflanzenschutzmitteleinsatz (ohne PS)
- einfache Stickstoffbilanz
- $N_{\min}$ -Dynamik in 0-90 cm Bodentiefe
- ökonomischer Vergleich der Produktionssysteme
- Vorernteverluste von Winterraps

### Ergebnisse und Diskussion

Im ZKN wurden durch die zwei Ganzpflanzenernten pro Jahr im Mittel über zwei Versuchsjahre die höchsten Gesamtbiomasseerträge erzielt. Die Ganzpflanzenerträge aus Erst- und Zweitkultur lagen mit 19,4 (mit PS) bzw. 18,2 t TM/ha (ohne PS) im Vergleich zum Erntegut „Rapskorn zur Totreife“ (mit PS 3,9 t TM/ha, ohne PS 3,4 t TM/ha) deutlich höher. Die Anwendung von PS im Winterraps zeigte im Jahr 2002/03 lediglich bei der Ernte zur Totreife einen signifikanten Mehrertrag in der Kornfraktion. Im Jahr 2003/04 folgten aus dem PS-Einsatz beim vorgezogenen Erntetermin im EC 85 signifikant höhere Biomasseerträge in der Korn- und Strohfraktion.

Bei der Ernte zur Totreife wurde nur in der Kornfraktion ein signifikant höherer Biomasseertrag konstatiert. Die Versuchsvariante „Düngung der Zweitkultur mit 40 kg N/ha in Form von Kalkammonsalpeter (ZKN+N)“ zeigte im Vergleich zu den ungedüngten Parzellen einen tendenziellen Mehrertrag von im Mittel 4 %, weshalb auf die Darstellung verzichtet wurde.



**Abb.1:** Biomasseertrag und Stickstoffbilanz im ZKN und im Körnerrapsanbau mit und ohne Pestizidanwendung im Mittel zweier Versuchsjahre (2002-04)

Das Produktionssystem „Körnerraps“ wies hohe Stickstoffbilanzüberschüsse von 82 (mit PSM) bzw. 98 kg N/ha (ohne PSM) auf. Dagegen wurden negative Stickstoffbilanzen mit -56 (mit PS) bzw. -67 kg N/ha im ZKN erreicht. Durch die Kombination der vorgezogenen Ernte der Raps-Ganzpflanzen mit der Ganzpflanzenernte der zweiten Kultur Mais/Sonnenblumen ist nahezu die gesamte Abfuhr des oberirdisch vegetativ gebundenen Stickstoffs gewährleistet. Da die Zweitkultur dem Boden bis in den Herbst hinein Stickstoff entzieht, der vom Raps hinterlassen wurde, wird damit auch der N-Pool im Boden vor dem Winter entleert. Mit der zweimaligen Ernte des gesamten oberirdischen Pflanzenmaterials werden hohe Biomasseerträge sowie ein hoher Export an oberirdisch gebundenem Stickstoff vom Feld garantiert. Die Integration des pestizidfreien Winterrapsanbaus in das ZKN vereint damit hohe Flächenproduktivität mit einer erhöhten Agrobiodiversität.

### Literatur

Scheffer, K. & R. Stülpnagel (1993): Wege und Chancen der Bereitstellung des CO<sub>2</sub>-neutralen Energieträgers Biomasse – Grundgedanken zu einem Forschungskonzept. Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49.

## Anbau von Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) – Standortvergleich und Biomassequalität

Cord-Henrich Treseler & Ralf Pude<sup>1</sup>

### Einleitung

In Nordamerika ist Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) eine Modellpflanze für die Produktion von lignozellulosehaltiger Biomasse (McLaughlin und Kszos, 2005). Für den Anbau von Switchgrass sprechen die gute Standort-Adaptationsfähigkeit, das hohe Ertragspotential, die extensive Kulturführung und das breite Verwertungsspektrum. Im energetischen und stofflichen Bereich könnte die Produktion von Switchgrass für viele Verwertungswege interessant sein, da es mit hohen Trockenmasseerträgen und geringen Feuchtegehalten geerntet werden kann. Die vorliegenden Untersuchungen sollen Aufschluss darüber geben, ob das Etablierungsverfahren und die Standortwahl die Biomassequalität beeinflussen.

### Material und Methoden

Im Herbst 2002 und Frühjahr 2003 wurde Switchgrass auf drei Standorten angebaut. Der Standort Klein-Altendorf „KA“ (lehmiger Schluff (IU), 93 Bodenpunkte (BP)) liegt bei Bonn. Die Standorte Stockhausen „St“ (sandiger Lehm (sL), 58 BP) und Niedermehren „N“ (lehmiger Sand (IS), 25 BP) liegen im Kreis Minden-Lübbecke. In zweijährigen Untersuchungen zur Etablierung der Switchgrass-Sorte „Cave-in-Rock“ wurden die Etablierungsverfahren Saat, Setzlingspflanzung und Rhizompflanzung gegenübergestellt (Tab. 1).

**Tab. 1:** Experimentelles Layout der Switchgrass Etablierungsverfahren

Etablierung	Saat	Setzling	Rhizom
Saat- und Pflanzdichte	9 kg kK ha <sup>-1</sup> ≈ 550 kK m <sup>-2</sup>	2, 4, 6 Pfl. m <sup>-2</sup>	4 Pfl. m <sup>-2</sup>
Saat- und Pflanzzeit	30.5.2003	24.04.2003	21.11.2002
Standort	„St“, „N“	„KA“, „St“, „N“	„KA“

Die Setzlinge sowie die Saatversuche mit den 3 Sorten Blackwell, Cave-in-Rock und Trailblazer wurden in dreifacher, randomisierter Wiederholung angelegt. Die Rhizompflanzung war Teil eines 16 Sorten umfassenden Sortenvergleiches, bei dem die Erhebungen an festgelegten Bonitурpflanzen einer Parzelle vorgenommen wurden. Die jährliche Ernte der Versuchsf lächen wurde im Februar 2004 und März 2005 bei Trockenmassegehalten von ca. 80 % vorgenommen.

Zur Beurteilung der Biomassequalität wurden morphologische Parameter (Blattgehalt und Stängeldurchmesser), chemische Parameter (Zellulose- und Ligningehalt) und technische Parameter (Schüttdichte und Wasseraufnahmefähigkeit des gehäckselten Erntegutes) untersucht. Aufgrund der unterschiedlichen Etablierungsverfahren und Standortverhältnisse wurden die Ergebnisse der Einzelversuche ohne statistische Verrechnung nebeneinander gestellt und diskutiert.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Etablierung der Bestände ist in allen Versuchsvarianten erfolgreich verlaufen. Die Erträge liegen im zweiten Anbaujahr (2004) mit 8-12 t TM ha<sup>-1</sup> z.T. über dem Niveau

---

Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES) – Gartenbauwissenschaft. Auf dem Hügel 6, D-53121 Bonn

<sup>1</sup> Lehr- und Forschungsstationen der Universität Bonn, Endenicher Allee 15; D-53115 Bonn

anderer zweijähriger Bestände in Mitteleuropa (Christian et al., 2002; Elbersen et al., 2003). Die Erträge der Setzlingspflanzungen gehen im Jahr 2004 mit abnehmender Bodengüte tendenziell zurück, so werden am Standort „KA“ durchschnittlich 12,2 t TM ha<sup>-1</sup>, in „St“ 11,2 t TM ha<sup>-1</sup> und in „N“ 8,5 t TM ha<sup>-1</sup> erzielt. In gleichem Maße wie die Erträge, nehmen auch die Blattgehalte von 21 % („KA“) über 18 % („St“) auf 11 % („N“) ab. Auffällig ist, dass gesätes Switchgrass entgegen diesem Trend auf IS („N“) einen höheren Ertrag erzielt, als auf sL („St“). Diese Entwicklung kann durch das gewählte Etablierungsverfahren und den Witterungsverlauf erklärt werden. Die Setzlingspflanzung ist im Jahr 2003 in eine Trockenperiode gefallen, die besonders in „N“ eine Wuchsdepression zur Folge hatte. Der Wasserbedarf der Saat ist zur Keimung zunächst niedriger, sodass die Bedingungen für den Auflauf gut waren. Der lockere Sandboden führt zudem in „N“ zu einer höheren Triebzahl (442 Triebe m<sup>-2</sup>) als in „St“ (304 Triebe m<sup>-2</sup>).

Die ermittelte Biomassequalität entspricht im Wesentlichen den Beobachtungen auf anderen mitteleuropäischen Standorten (Castler et al., 2002; Elbersen et al., 2003).

Die Rhizompflanzungen erzielt in beiden Untersuchungsjahren tendenziell größere Stängeldurchmesser. Im zweiten Anbaujahr (2004) erzielen alle Etablierungsverfahren größere Stängeldurchmesser (3,7 bis 4,5 mm).

Die Zellulose- und Ligningehalte werden durch Etablierungsmethoden und Standorte nur geringfügig beeinflusst. Die ermittelten Zellulosegehalte bleiben in beiden Jahren mit 32 bis 37 M.-% relativ konstant. Der Ligningehalt der Biomasse nimmt jedoch von durchschnittlich 12 M.-% (2003) im zweiten Anbaujahr auf 7,5 M.-% ab, sodass sich im Vergleich zu anderen Untersuchungen deutlich niedrigere Werte ergeben (Elbersen et al., 2003).

Die Qualität der Schüttdichte ist im Etablierungsjahr (2003) durch die Wahl des Anbausystems beeinflusst. An allen Standorten erzielen die Setzlingspflanzungen mittlere Schüttdichten von 61,2 bis 66,3 kg m<sup>-3</sup>, womit die Saat-Varianten übertroffen, die Schüttdichte der Rhizompflanzungen aber nicht erreicht werden. Mit dem zweiten Anbaujahr ist eine Annäherung der Werte zu verzeichnen (60 bis 74 kg m<sup>-3</sup>).

Die Entwicklung der Wasseraufnahmeraten ähnelt den Verläufen der Erträge. Im Etablierungsjahr weisen Setzlings- und Rhizompflanzen in „KA“ und „N“ relativ niedrige Wasseraufnahmeraten von 241 bis 257 M.-% auf, im Ertragsjahr (2004) liegen alle Versuchsvarianten bei annähernd gleichen Raten von 272 bis 306 M.-%.

Anhand der vorgenommenen Untersuchung können neben der Saat auch Rhizom- und Setzlingspflanzungen als sicher bezeichnet werden. Bei der Etablierung ertragreicher, spät abreifender Sorten bieten die Pflanzungssysteme eine größere Anbausicherheit. Es konnte gezeigt werden, dass die Saat den Setzlingspflanzungen auf sandigen Böden bei Sommertrockenheit überlegen sein kann. Die Biomassequalität wird durch den Standort jedoch nur wenig beeinflusst.

## Literatur

- Christian, D. G., Riche, A. B. und N. E. Yates 2002: The Yield and Composition of Switchgrass and Coastal Panic Grass Grown as a Biofuel in Southern England. In: Bioresour. Technol. 83: 115-124.
- Elbersen, H. W., Christian, D. G., Bassam, N. E., Alexopoulou E. et al. 2003: Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) as an alternative energy crop in Europe. Wageningen, Netherlands: ATO-DLO. Report ID: FAIR 5-CT97-3701. Online im Internet: [www.switchgrass.nl](http://www.switchgrass.nl) (Stand 31.08.2004).
- McLaughlin, S. B. und L. A. Kszos 2005: Development of Switchgrass (*Panicum virgatum*) as a Bioenergy Feedstock in the United States. Biomass & Bioenergy 28: 515-535.

## Determination of Mechanical Strength Properties of Hemp Fibres Using NIR FT Raman Microspectroscopy

Padmaja Peetla, Ding Hong, Karla C. Schenzel & Wulf Diepenbrock

### Introduction

Plant fibre reinforced composites are increasingly gaining attention in the light of environmental awareness. Particularly, the combination of cellulosic plant fibres, with polypropylene can be used for interior parts of cars. Apart from low cost and less tool wear during processing, the low density of the plant fibres is a key property and a big advantage in comparison to originally used glass fibres. In spite of these advantages, the strong polar character of the surfaces of the cellulosic plant fibres is a limiting factor, as the compatibility with strongly apolar thermoplastic matrices is very low. Thereupon, pre-treatments of the plant fibres are performed to overcome these limitations and to enhance the interface contact between cellulosic fibre surface and thermoplastic matrix material.

Actually, several chemical and microscopic instrumental analyses are applied for determining plant fibre quality parameters as well as to characterize the interface strength properties of fibre reinforced composites. Above all, the quick and non-destructive Near Infrared Fourier Transform (NIR FT) Raman Microspectroscopy demonstrated its feasibility for studying the molecular composition of the fibres *in situ* and for following changes of their cellulosic substructure caused by aging, mechanical and chemical processing [1-3].

In this work NIR FT Raman Microspectroscopy was introduced for analysing the micro mechanical tensile deformation behaviour of diversified hemp fibre material. Mechanical strength parameters of the diversified fibre material was determined in the range of single fibre cells (10-30  $\mu\text{m}$ ) as well as for fibre bundles (50-100  $\mu\text{m}$ ).

### Material and methods

Plant material of hemp (*Cannabis sativa*, L., cv. USO 31) was field-grown under well managed conditions in Sachsen-Anhalt. The plants were dew-retted. Depending upon duration of the retting period three different retting levels were classified. The fibres of these retting levels were mechanically extracted in industrial premises. Following they were chemically treated in different ways.

At first the hemp fibres were treated with aqueous NaOH solutions,  $C_{\text{NaOH}} / \text{w/w}\% = 6\%$ , 16%, 26% and 30%, applying no tension to the fibres during chemical processing. A second fiber set were treated by elongating and fixing the fibers to a clamp, applying tension to the fibres. All mercerized fibres were neutralized and dried at room temperature.

Parts of the mercerized fibres ( $C_{\text{NaOH}} = 6\%$ ) were silanated under acidic conditions using two different trialkoxysilanes, epoxy- and vinylsilane.

Additionally all untreated, mercerized and silanated fibres were investigated by NIR FT Raman Microspectroscopy, macro mechanical fibre testing and Environmental Scanning Electron Microscopy (ESEM).

## Results and discussion

The study was mainly focused on the determination of strength properties of the hemp fibres like tensile strength ( $\sigma_f$ /MPa), failure strain ( $\varepsilon_f$ %) and Young's modulus ( $E$  / GPa) which are differentiated by their retting levels and the parameters of the alkali and silane chemical treatments.

Therefore NIR FT Raman Microspectroscopy was adopted for analysing micro mechanical tensile deformation behaviour of the cellulosic plant fibres. The analysis of the fibre deformation was followed by the response of the characteristic Raman signal  $\nu(\text{C-O-C})$  of fibre cellulose which is sensitive to the tensile load applied. The frequency shift of the signal at  $1095 \text{ cm}^{-1}$  to lower wavenumber was observed when fibres were subjected to tensile strain, see **Fig. 1**.

These changes indicate that the macroscopic fibre deformation is translated directly to the molecular backbone of the fibre cellulose

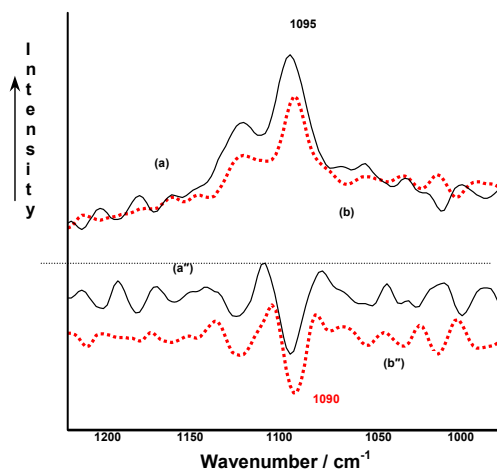
causing changes in bond length and force constants within the polymer chain molecules resulting in wavenumber shifts of the respective Raman bands to lower energy in the vibrational spectra [4]. So, tensile strength properties of elementary fibres and fibre bundles were investigated by FT Raman micromechanical experiments and by macroscopical fibre testing also.

For analysing the tensile deformation behaviour of natural plant fibres, not only the tensile strength properties but also the microstructural conditions of the fibres have to be taken into account. Therefore microstructural surface properties of fibre bundles and single fibre cells of the different hemp fibre material were investigated using the ESEM technique.

In general, mechanical strength properties of the diversified hemp fibres were discussed at molecular, microstructural and macroscale level. It was observed that mechanical strength properties of cellulosic plant fibres can be controlled in a broad range by appropriate mercerization parameters such as alkali concentration, fibre shrinkage and tensile stress applied to the fibres during alkaline treatments [5].

## References

- [1] Edwards, H.G.M., Farwell, D.W. and Webster, D. 1997: Spectrochim. Acta 53A: 2383.
- [2] Himmelsbach, D.S. and Akin, D. E. 1998: J. Agric. Food Chem. 46: 991.
- [3] Jähn, A., Fütting, M., Schenzel, K. and Diepenbrock, W. 2002: Spectrochim. Acta 58A: 2271.
- [4] Eichhorn, S. J., Sirichaisit, J. and Young, R. J. 2001: J. Mat. Sci. 36: 3129
- [5] Peetla, P., Schenzel, K. C. and Diepenbrock, W. 2006: Appl. Spectroscopy **60**: 682.



**Fig.1:** Micro FT Raman spectra of an untreated hemp fibre cell (a), (b) and second derivatives (a''), (b'') showing strain induced band shifts generated by loads (a) = 0.000 N and (b) = 0.248 N failure strain.



## **Veränderungen von Fasereigenschaften von Hanf (*Cannabis sativa* L.) in der landwirtschaftlichen Prozesskette**

Eckard Grimm, Viktor Naumenko, Heinrich Rennebaum & Wulf Diepenbrock

### **Einleitung**

Die landwirtschaftliche Produktionskette von Hanffasern schließt eine Reihe von Arbeitsschritten ein, die sich auf die Eigenschaften des Rohstoffs auswirken können. Im Folgenden werden die Faktoren (1) Erntezeitpunkt, (2) Einsatz von Maschinenteknik bei Ernte und Röste, (3) Röstgrad, (4) Technologien der Faserisolierung im Hinblick auf Änderungen von Fasereigenschaften geprüft.

### **Material und Methoden**

Den Untersuchungen liegen ein mehrjähriger Feldversuch am Standort Leipzig-Seehausen (N 51°24', O 12°25') und ein Praxisanbau am Standort Zichtau (N 52°36', O 11°18') zugrunde. Die Bestandesführung entsprach der dem jeweiligen Standort angepassten Praxis. Pflanzenproben wurden aus dem Bestand zu unterschiedlichen, erntenahen Zeitpunkten von Hand entnommen. Der Entwicklungszustand wurde anhand von äußeren Merkmalen erfasst. Hanfbestände wurden gemäht, das Stroh eingekürzt, im Schwad einer Tauröste unterzogen und einer großtechnischen Faserisolierung zugeführt (Brecherlinie mit Kotonisierungsstufe: HempFlax Deutschland GmbH, Gardelegen; Prallaufschluss: Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Potsdam). Die Röstgradbestimmung erfolgte vor der Strohverarbeitung durch Bonitur von Strohmerkmalen.

Für analytische Zwecke wurden aus Einzelpflanzen und Strohproben mit Hilfe eines Laborflachsbrechers (BLFB Flaksy, Gebr. Bahmer Maschinenbau GmbH, Steinheim-Söhnstetten) Fasern isoliert. Die Prüfung physikalischer Fasereigenschaften erfolgte im Zugversuch. Hierzu wurden Fasern ohne Aufspießungen ausgewählt und Aufspießungen entfernt. Die Feinheitmessung erfolgte gravimetrisch (BP210D, Sartorius, Göttingen), Faserquerschnitte wurden durch zweiachsige Dickenmessung (ODAC 15XY-J, Zumbach Electronic, Orpund, Schweiz) ermittelt. Mechanische Prüfungen erfolgten im Zugversuch mit Hilfe eines Universalprüfstandes (Modell 1446, Zwick AG, Ulm). Eine Varianzanalyse (ANOVA) wurde, teilweise auf Basis transformierter Daten, mittels SAS Systems for Windows 8.02 (SAS Institute Inc., Cary, USA) durchgeführt.

### **Ergebnisse und Diskussion**

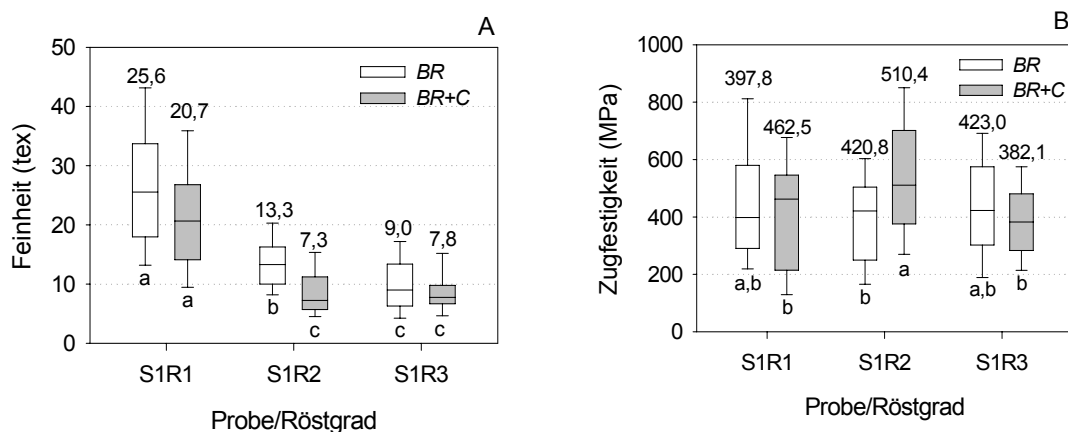
Die Untersuchungen zu den einleitend genannten Fragen ergaben zusammengefasst folgende Ergebnisse:

(1) Die Reife primärer Bastfasern ist mit Einstellen des Stängelwachstums erreicht. In diesem Stadium sind Hanfpflanzen im Bestand zu 80-90% entblättert. Nachfolgend setzten Verfärbungen des Stängels von grün/grüngelb zu gelb und braun ein. Quantitativ ist die Faserbildung abgeschlossen, so dass nachfolgend keine ertragsrelevanten Zuwächse zu erwarten sind. Qualitative Fasermerkmale zeigen umweltabhängige Veränderungen. Lediglich die Zugfestigkeit stieg in vier von sechs Einzelversuchen in

erntenahen Stadien noch an. Merkmale der Samenentwicklung sind zur Bestimmung eines Zeitpunktes der Faserernte ungeeignet.

(2) Das Strohmanagement auf dem Feld umfasst den Maschineneinsatz zum Schneiden des Hanfbestandes, Einkürzen der Stängel, Schwadwenden bei Feldtrocknung mit und ohne Röste und Ballenpressen. Im Vergleich zu Fasern aus nicht bearbeitetem Stroh (Handentnahme von Pflanzen) ergab sich in vier unabhängigen Untersuchungsvarianten eine von 1,2–1,3% auf 1,7-2,0% erhöhte Höchstzugkraftdehnung.

(3) Mit ansteigendem Röstgrad (R1-R3) werden eine signifikante Fasereinkürzung, sinkende Feinheiten (Abb. 1A) bzw. Faserquerschnittsflächen festgestellt. Höchste Zugfestigkeiten werden in der Regel bei mittleren Röstgraden (R2) gemessen, bei geringer (R1) oder starker Röste (R3) liegen diese niedriger (s. Abb. 1B: BR+C). Diese Unterschiede können durch hohe Variabilität in Praxismaterial überlagert (s. Abb. 1B: BR) werden.



**Abb. 1:** Feinheit (A) und Zugfestigkeit (B; Einspannlänge = 2 mm) von Hanffasern (*Cannabis sativa* L. cv. USO 31; S1) in Abhängigkeit vom Röstgrad (Boniturnoten: R1 = 1,1; R2 = 4,2; R3 = 6,2); Faserisolierung: BR = Brecherlinie, C = Kotonisierung; Zahl über Box = Median; unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen zwischen Mittelwerten an.

(4) Unter Berücksichtigung der Merkmale Feinheit, Zugfestigkeit, Dehnungsmodul, Höchstzugkraftdehnung, Faserverzweigungen und Schäbengehalt ergab eine Bewertung der Aufschlusstechnologien folgende Rangfolge: 1. Brecherlinie mit Kotonisierung, 2. Prallaufschluss, 3. Brecherlinie. Hierbei wurde von geringen Feinheiten, Verzweigungsgraden und Verunreinigungen mit Schäben, hohen Zugfestigkeiten und Steifigkeiten als Standard für gute Faserqualitäten ausgegangen.

Die Ergebnisse gestatten eine qualitätsorientierte Produktion und Auswahl von Hanffasern zur Nutzung in verschiedenen Produktlinien.

Das Forschungsvorhaben wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

## **Bioenergiekonzept für landwirtschaftliche Betriebe – Planungsgrundlage und Entwicklung von Szenarien zur Biomasseproduktion und Energiebereitstellung über eine Biogasanlage am Beispiel des Unteren und Oberen Lindenhofs**

Constanze Böhmel, Bettina Tonn & Wilhelm Claupein

### **Einleitung**

Die Energieproduktion von landwirtschaftlichen Flächen wird im Zuge der sich verknappenden fossilen Ressourcen zum wichtigen Bestandteil der regenerativen Energien in Europa. Dezentrale Biogasanlagen tragen zur Einkommens- und Existenzsicherung von Landwirten bei. Die Errichtung einer Biogasanlage auf einem landwirtschaftlichen Betrieb verlangt jedoch eine Umstrukturierung des Flächennutzungskonzeptes. Im Vordergrund steht dabei die Optimierung der pflanzlichen Produktion hinsichtlich der Biomasseerzeugung zur Vergärung in der Biogasanlage.

Im Rahmen der Bioenergieforschungsplattform Baden-Württemberg wird auf der Versuchsstation Unterer Lindenhof der Universität Hohenheim eine Biogasanlage zur Ko-Fermentation von Flüssig- und Festmist und nachwachsenden Rohstoffen errichtet. Anhand dieser Anlage und des existierenden landwirtschaftlichen Betriebes mit seinen Flächen auf dem Unteren und Oberen Lindenhof soll das realisierbare energetische Potential zur thermischen und elektrischen Bioenergieproduktion ermittelt und dargestellt werden.

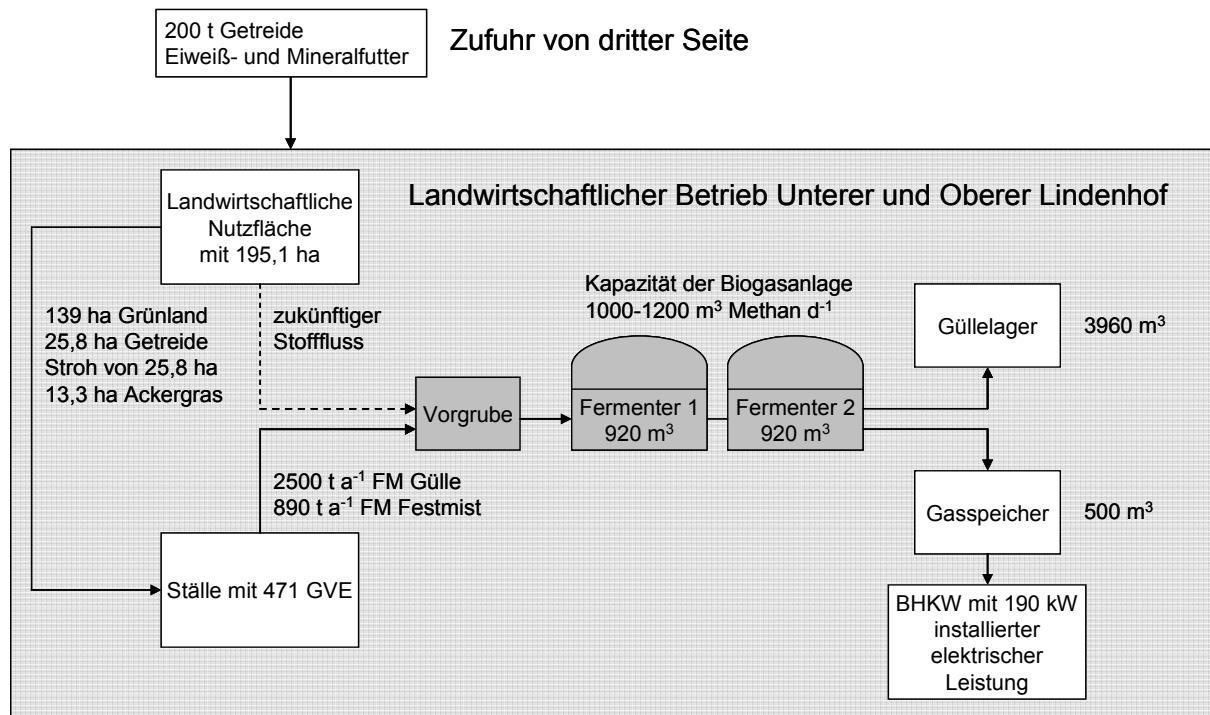
### **Material und Methode**

Erster Ansatzpunkt war die Charakterisierung des Ist-Zustandes des Unteren und Oberen Lindenhofs anhand des Jahres 2005. Dazu wurden Daten zu folgenden Parametern erhoben: Flächenpotential, Anbaueignung und Ertragserwartung, Viehbesatz, sowie Leistung und technische Merkmale der Biogasanlage. Ausgehend davon wurde das erste Szenario für die Substratlieferung an die Biogasanlage entwickelt. Weitere Szenarien zur Flächen- und Biomassenutzung, die eine Optimierung der Bioenergieproduktion der beiden Lindenhöfe zum Ziel haben, wurden erarbeitet.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die bisherige Flächennutzung auf dem Unteren und Oberen Lindenhof war im Hinblick auf die Tierproduktion optimiert. Die Grünlandflächen wurden vollständig für die Grundfutterproduktion benötigt. Ca. 7 % der Flächen waren stillgelegt. Die Produktion von Getreide und Stroh lag bei ca.  $140 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , die als Futtermittel genutzt wurden. Um den Viehbestand von 471 Großvieheinheiten (GVE) versorgen zu können waren Zukäufe mit einem Umfang von ca.  $200 \text{ t a}^{-1}$  Getreide sowie von Eiweiß- und Mineralfutter nötig (Abb. 1). Mit der Errichtung der Biogasanlage wird eine Umstrukturierung der Stoffflüsse erforderlich. Die Futtermittelproduktion muss jedoch aufrechterhalten werden, da der Viehbestand nicht reduziert werden soll und die anfallende Gülle und der Festmist als Substrate in der Biogasanlage benötigt werden. Für den Anbau spezieller Energiepflanzen stehen ungefähr 20 ha zur Verfügung. Diese Fläche soll möglichst effizient und nachhaltig für die Substratgewinnung genutzt werden. Geeignete Substrate für die Biogasanlage wären unter anderem Silomais und Kleegras. Bei einem mittleren Maisertrag von  $16\text{--}17 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  und 30 % Trockensub-

stanzgehalt würden die 20 ha ausreichen, um eine tägliche Ration von 3 t Frischmasse Mais bereitzustellen (Tab. 1). Um die Biogasanlage kontinuierlich mit Substrat beschicken zu können werden pro Tag ca. 15,2 t Frischmasse benötigt. Die Mengen an Gülle und Festmist als Basissubstrat können vollständig aus der betriebseigenen Produktion gedeckt werden, während ein Großteil der pflanzlichen Rohstoffe von Seiten Dritter kommen muss. Zur Option stehen die Zupacht entsprechend großer Flächen nahe den Lindenhöfen oder der Zukauf der Mittel. Wird Substrat zugekauft, so muss die Transporteigenschaft der Einsatzstoffe berücksichtigt werden. Stoffe mit hoher Energiedichte und geringem Wasseranteil, wie Getreide, lassen sich gut transportieren. Zu berücksichtigen ist bei der Zufuhr von pflanzlichen Stoffen auf die Lindenhöfe die Nährstoffbilanz, wenn die Gärreste auf den betriebseigenen Flächen ausgebracht werden sollen. In diesem Zusammenhang wird eine Vernetzung unterschiedlich ausgerichteter landwirtschaftlicher Betriebe von Bedeutung. Im Austausch gegen gärfähige Substrate können die Lindenhöfe überschüssige Gärreste und ebenso anfallende weitere Energieträger wie Landschaftspflegeholz zur Verfügung stellen und damit zur Bildung von regionalen Stoffkreisläufen beitragen.



**Abb. 1:** Ist-Zustand des Unteren und Oberen Lindenhofes im Jahr 2005 mit der Planungsgrundlage der zu errichtenden Biogasanlage.

**Tab. 1:** Veranschlagte Einsatzstoffe für die Biogasanlage

Substrat	Substratmenge t FM d <sup>-1</sup>	Herkunft	Methanproduktion m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup>
Gülle	7,2	Lindenhof	117,2
Festmist	3,5	Lindenhof	173,3
Silomais	3,0	Lindenhof	269,6
Kleegrass	0,5	Dritte	33,3
Ganzpflanzensilage	0,5	Dritte	50,8
Wiesengras	0,5	Dritte	26,6
Getreide	1,0	Dritte	305,4

## **Mais oder Sonnenblume als Energieträger für die Biogasproduktion? – Analyse der Ertragsbildung an einem rheinischen Standort**

Henrik Schumann

### **Einleitung**

Hinweise, dass die Gasausbeuten aus ölhaltigem Pflanzenmaterial höher sind als aus stärke- oder proteinreichem Material sowie Hinweise auf massenwüchsige Genotypen haben das Interesse an der Sonnenblume als einer weiteren Kulturpflanzenart neben dem bisher eingeführten Mais wachsen lassen. Die Bereitsstellung von pflanzlicher Biomasse für die Vergärung in Biogasanlagen verlangt wegen des Anspruches, dass das Erntematerial zum Zwecke einer kontinuierlichen Beschickung siliert werden kann, Trockensubstanzgehalte > 30 % TS. Zum anderen sollte aus ökonomischen Gründen die maximal aufwachsende Trockenmassemenge geerntet werden. Inhaltsstoffe und Gasausbeuten sind noch Gegenstand der Untersuchung.

### **Material und Methoden**

Die dargestellten Varianten entstammen einer Anzahl von Versuchen mit Mais (M) und Sonnenblumen (S), in denen in der Vegetationsperiode 2005 auf dem Versuchsfeld Bonn-Poppelsdorf der Universität Bonn Genotypen und Standraumzumessung getestet wurden. Boden und Klima kennzeichnen einen hocheertragreichen Standort für beide Kulturen. Im Vergleich zum langj. Mittel handelte es sich um ein eher kühleres und trockeneres Jahr. Lediglich im Juli und August wurden die durchschnittlichen Regensummen knapp überschritten, dies jedoch bei deutlich geringeren Temperaturen, während im Oktober ebenfalls bei unterdurchschnittlichen Niederschlägen eine um 1,1 °C höhere Durchschnittstemperatur erzielt wurde. Die Trockenmasse wurde getrennt nach Kolben/Korb, Stängel und Blatt durch Ofentrocknung bei 105 °C bestimmt. Beide Fruchtarten wurden von Hand gesät (M18.05./S19.05.05, Auflauf M26.05./S27.05.05) und auf die gewünschten Bestandesdichten (Standräume) von 6,66 Pfl./m<sup>2</sup> (75x20cm) und 8,88 Pfl./m<sup>2</sup> (75x15cm) vereinzelt. Eintreten von Lager in den Sonnenblumenbeständen beendete die Probenahme 4 Wochen eher als in den Maisbeständen. Geprüft wurden folgende Varianten: bei Sonnenblumen (S) im Genotypenversuch (G) die Genotypen „Genetische Ressource“ SGGR, „Experimentalhybride“ SGEH, „Biomassetyp“ SGBM, „Öltyp“ SGÖL (75x20cm) sowie im Sonnenblumen-Mais-Vergleich (V) bei 75x15cm die Genotypen „Genetische Ressource“ SVGR und „Biomassetyp“ SGBM (75x15cm); bei Mais (M) im Genotypenversuch (G) die Genotypen „Genetische Ressource“ MGGR, „Experimentalhybride“ MGEH, „Biomassetyp“ MGBM, „Körnermais“ MGKM (75x15cm).

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die untersuchten Genotypen unterschieden sich in beiden Kulturen gewollt gleichsinnig in ihrer Entwicklung und Ausreife. Beginnend von GR über EH, BM bis zu ÖL bzw. KM schloss ihre Entwicklung immer früher in der Vegetation ab. Dies führte in gleicher Reihenfolge zu zunehmenden Korb- bzw. Kolbenanteilen und zunehmenden Ausreifegraden. Daraus resultierten in der Gesamttrockenmasse die folgenden Gesamtpflanzentrockensubstanzgehalte zum jeweils letzten Erntetermin: SGGR 24,2%, SGEH 28,9%, SGBM 29,5%, SGÖL 41,5% (GD<sub>5%</sub> 15,7) sowie MGGR 26,7%, MGEH

36,9%, MGBM 39,5%, MGKM 44,8% (GD<sub>5%</sub> 7,4%). Sehr spät reifende Genotypen sind auch am klimatisch günstigen Standort Bonn-Poppelsdorf nicht in der Lage, ihre Entwicklung abzuschließen und dementsprechend genügend im Vergleich zu Blatt und Stängel trockeneren Korb bzw. Kolben zu bilden, so dass die technisch bedingten notwendigen 30% TS in der Pflanzenmasse nicht erreicht werden (SGGR und MGGR). Ein zunehmender Einkreuzungsgrad „passender“ Genotypen ermöglicht den für den Standort charakteristischen und notwendigen Abreifegrad und damit die entsprechenden Trockensubstanzgehalte (SGEH, SGBM, MGEH, MGBM).

Bei den auf der Fläche erzielten Pflanzentrockenmassen (Abb.1) wird der bisher erzielte unterschiedliche Zuchterfolg bei Sonnenblumen und Mais deutlich. Während in beiden Kulturen die spät reifenden „Genetischen Ressourcen“ bei allerdings ungenügender Trockensubstanzeinlagerung ihr großes Ertragspotential demonstrieren (SGGR, MGGR), ist es im Mais im Gegensatz zu den Sonnenblumen bereits gelungen, „Biomassetypen“ (MGBM) zu züchten, die sich deutlich von den Standardkörnermaissorten (MGKM) abheben und an die Erträge der „Genetischen Ressourcen“ heranreichen, dies bei gleichzeitig ausreichendem Trockensubstanzgehalt. Dies ist bei Sonnenblumen noch nicht in gleicher Weise gelungen (Vergleich SGBM/SGÖL). Die „Experimentalhybriden“ (SGEH) lassen Ansätze erkennen. Auf ausreichende Festigkeit des Stängels ist dabei zu achten. Die alles überragende Leistung der Sonnenblumenvariante „SVGR“ im gleichen Standraum wie der Mais (75x15cm) macht im Vergleich zu den Maisvarianten das Potential deutlich, was in der Sonnenblume steckt. Der Vergleich der Sonnenblumenvarianten „GR“ und „BM“ in den unterschiedlichen Standräumen 75x20cm (SG) und 75x15cm (SV) zeigt an, dass mittels Standraumgestaltung in die intraspezifischen Konkurrenzprozesse des Pflanzenbestandes zum Zweck einer Erhöhung der Trockenmasseproduktion eingegriffen werden kann. Gleichzeitig belegen die z.T. starken Rückgänge der Trockenmasse zum Ende der Vegetation die Bedeutung des optimalen Erntetermins und im Sinne einer Ertragsmaximierung den Zwang zu dessen genauer Ermittlung.

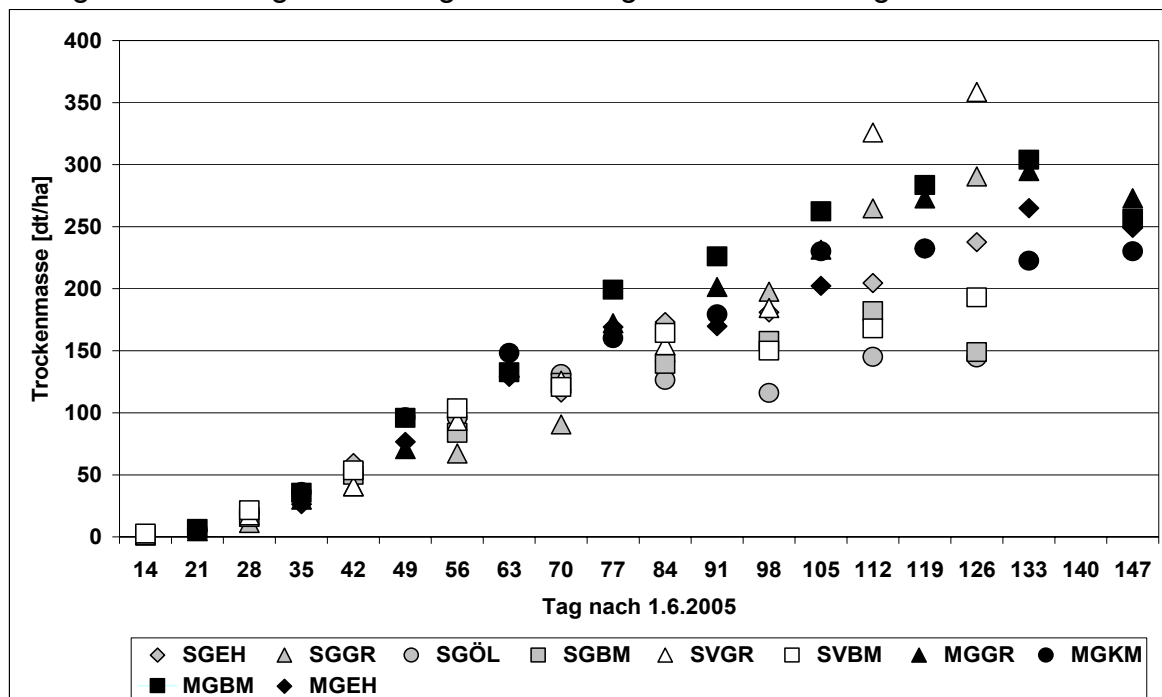


Abb.1: Trockenmasseentwicklung von Sonnenblumen und Mais (Poppelsdorf 2005)

## **Feld- und Laborversuche zur Charakterisierung verschiedener Mais-Sorten und –Stämme für die Methangewinnung**

Michael Gaudchau, Thomas Luthardt-Behle<sup>1</sup>, Thomas Becker<sup>1</sup>  
& Bernd Honermeier

### **Einleitung**

Im Ergebnis zahlreicher Untersuchungen wird der Mais als eine Pflanze mit guter Eignung für die Biogasgewinnung charakterisiert (Amon et al. 2003). Für die Energie-Mais-Produktion wird die Züchtung von Sorten angestrebt, die sich durch hohe TM-Erträge sowie durch hohe Biogas- und Methanausbeuten auszeichnen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden z. T. spät reifende Sortentypen selektiert, die einen höheren Anteil an vegetativer Biomasse aufweisen. Ergebnisse über die Biomasse- und Biogasbildung dieser Sorten im Vergleich mit bekannten Standardsorten sind deshalb für die Optimierung der Energiemaisproduktion bedeutsam. Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, die TM-Erträge, Biogas- und Methanausbeuten von Maissorten unterschiedlicher Reifezahl in Abhängigkeit vom Erntetermin zu bewerten.

### **Material und Methoden**

An den Standorten Groß-Gerau (Bodenart: uS, AZ: 25) und Gießen (Bodenart: uL, AZ: 65) wurden im Jahr 2005 Erntezeitenversuche mit jeweils 5 Sorten bzw. Stämmen unterschiedlicher Reifegruppen (s. Tab. 1) durchgeführt. Die jeweiligen Erntezeitenversuche (4 Erntetermine = 4 Einzelversuche) wurden als einfaktorielle Blockanlagen in vierfacher Wiederholung angelegt. Die Parzellengröße betrug zur Aussaat 18 m<sup>2</sup> und zur Ernte 9 m<sup>2</sup> bei einer Reihenweite von 75 cm und einer Bestandesdichte von 8 Pfl./m<sup>2</sup>. Ab DC 73 (frühe Milchreife) erfolgte die erste Beerntung. Daran schlossen sich drei weitere Erntetermine im jeweils 2-wöchigen Abstand an. Als Prüfmerkmale wurden ermittelt: TM-Gehalt, TM-Ertrag, Stärkegehalt, Rohproteingehalt, Zuckergehalt sowie die Gehalte an Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL, die mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) bestimmt wurden. Darüber hinaus erfolgten an ausgewählten Proben Messungen zur Gas- und Methanausbeute in Batchversuchen (nach DIN 38 414).

### **Ergebnisse und Diskussion**

In Tab. 1 sind die TM-Erträge der geprüften Sorten bzw. Stämme dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die als Standard genutzte Sorte „Gavott“ zum 3. Erntetermin (ET), 4 Wochen nach Beginn der frühen Milchreife, das Ertragsmaximum erreichte. Die Vergleichsstämme 1 und 2 waren der Sorte Gavott bereits ab dem zweiten Erntetermin, 2 Wochen nach Beginn der Milchreife, ertragsüberlegen. Die spätreifende Sorte „Mikado“ erreichte das Ertragsmaximum erwartungsgemäß erst zum 4. Erntetermin. TM-Gehalte von minimal 30 % wurden von allen Sorten zum 3. ET überschritten, während Gavott sowie Stamm 1 und Stamm 2 zum 4. Erntetermin TM-Gehalte von > 40 % erzielten (Daten hier nicht dargestellt). Auch die Gehalte an Stärke, Rohprotein und Rohfaser unterlagen einer signifikanten Beeinflussung durch

---

JLU Giessen, Institut f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Ludwigstr. 23, 35390 Giessen

<sup>1</sup> FH Giessen-Friedberg, Labor f. anaerobe Verfahrenstechnik, Wiesenstr. 14, 35390 Giessen

**Tab. 1:** Ganzpflanzenerträge (dt/ha TM) von Mais in Abhängigkeit von Sorte und Erntetermin, Groß-Gerau 2005

Sorte/Stamm Reifegruppe	ET 1 dt/ha TM	ET 2 dt/ha TM	ET 3 dt/ha TM	ET 4 dt/ha TM
Gavott (FAO 250)	118,4	164,4	182,2	180,7
Stamm 1 (FAO 260)	128,0	182,5	202,4	201,8
Stamm 2 (FAO 270)	126,0	194,9	199,9	200,7
Stamm 3 (FAO 290)	113,8	169,4	180,5	197,9
Mikado (FAO 400)	108,9	165,3	196,1	202,2
GD 5 %	11,1	18,8	15,0	20,1

Sorte und Erntetermin. Die deutlichste Differenzierung der Inhaltsstoffgehalte wurde bei Stärke beobachtet, deren Gehalte beim dritten ET von max. 37,7 % (Gavott) auf 34,1 % (Stamm 1), 31,1 % (Stamm 2), 19,4 % (Stamm 3) und 12,8 % (Mikado) abfielen. Die gleiche Rangfolge der Sorten konnte zum 4. ET mit Stärkegehalten von 40,4 %, 35,7 %, 31,7 %, 30,9 % und 25,3 % beobachtet werden (Daten hier nicht dargestellt).

**Tab. 2:** Berechnung des Methanertrages von „Gavott“ und „Stamm 2“ aus Feld- und Laborergebnissen (Groß-Gerau 2005)

Sorte/Erntetermin	Methanausbeute nLiter/kg oTS	Ertrag dt/ha TM	Methanertrag m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ha
Gavott ET 1	386,7	118,4	4578,5
Stamm 2 ET 1	507,8	126,0	6398,3
Gavott ET 3	376,9	182,2	6867,1
Stamm 2 ET 3	409,2	199,9	8179,9
Gavott ET 4	376,6	180,7	6805,1
Stamm 2 ET4	387,5	200,7	7777,1

Die Methanausbeute war im Stadium der frühen Milchreife (ET 1) am höchsten und nahm bei allen Sorten im Verlauf der Reife der Pflanzen ab (s. Tab. 2). Die Methanbildung steht damit in negativer Wechselbeziehung zum TM- und Stärkegehalt, der insbesondere bei frühen Sorten infolge des zunehmenden Kolbenanteils zunimmt. Für die Methanbildung scheinen somit Stärke und auch Zucker einen geringeren Stellenwert einzunehmen als z. B. die Zellwandbestandteile (Lipide, Hemizellulose, Pektine) der Pflanzen. Aus der Kombination von Methanausbeute und TM-Ertrag ergaben sich für den Stamm 2 zum 3. Erntetermin die höchsten Methanausbeuten von > 8.000 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha. Die hier geprüften Stämme mit einer im Vergleich mit Gavott leicht verzögerten Reife waren für die Biogasgewinnung insgesamt gut geeignet.

## Literatur

Amon, Th., V. Kryovoruchko, B. Amon, S. Buga, A. Amid, W. Zollitsch, K. Mayer, und E. Pötsch (2003): Optimierung der Biogasfermentation aus den Energiepflanzen Mais und Klee. Endbericht Juli



## **Mais nachhaltig bestellen: Konzeption und vertiefte Auswertung von Anbausystemen**

Karl Müller-Sämann<sup>1</sup>, Thomas Hölscher<sup>1</sup>, Christian Bockstaller<sup>2</sup>, Jürgen Maier<sup>3</sup> & Reinhold Vetter<sup>3</sup>

### **Einleitung**

Die Anbaufläche von Mais hat sich in vielen Anbaugebieten, sowohl zur Körner- als auch zur Biomassenutzung stark ausgedehnt. Die Vorteilhaftigkeit stützt sich auf hohe Ertragsleistungen, stabile Märkte, geringe Bodenansprüche, Düngerverträglichkeit, gute Wasserverwertung, hohe Selbstverträglichkeit und eine ausgereifte Produktionstechnik. Kritik am Maisanbau ist ebenfalls verbreitet und speist sich aus dem gebietsweise monokulturähnlichen Anbau, Risiken der Grundwasserbelastung durch Nitrat und Herbizidrückstände, erhöhten Erosionsrisiken, einem relativ hohen Energieeinsatz und Gefahren der Bodenermüdung.

Mit der steigenden Bedeutung des Maisanbaus, sowohl zur Ernährung und Fütterung, als auch zur Energiegewinnung, stellt sich immer dringender die Frage der Nachhaltigkeit und damit nach dem „Wie“ des Anbaus.

Ziel der dargestellten Untersuchungen war es daher Lösungen und Strategien zur Stärkung der Nachhaltigkeit des Maisanbaus aufzuzeigen. Die Harmonisierung ökonomischer und ökologischer Ziele diene als Richtschnur.

### **Material und Methoden**

In den Jahren 2003 bis 2005 wurden auf den Standorten Steinenstadt und Müllheim-Viehwegacker (Parabraunerden auf Niederterrassenschotter mit AZ von 59 und 45) zwei Anbauverfahren für Körnermais im Rahmen eines Systemversuchs nach Meynard et al. (1996) verglichen. Die Ausgestaltung der Verfahren erfolgt dabei nach festgelegten Entscheidungsregeln (z.B. praxisübliche Turicum-resistente Sorte). Die konkrete Umsetzung bleibt dabei flexibel und praxisnah. Verglichen wurden:

a) ein innovatives Verfahren mit einer Mais/Körnerleguminosen Fruchtfolge (Soja/Erbse), reduzierter Bodenbearbeitung (Streifenfrässaat), reduziertem Herbizideinsatz zu Mais (-40 bis -50%), Untersaat (Weidelgras) und N-Depotdüngung nach dem CULTAN-Verfahren (2004 und 2005).

b) ein praxisübliches Verfahren mit Monomais (Mais im Daueranbau) gepflügt. Der Anbau erfolgte auf Großparzellen (0,35-0,45 ha), mit unechten Wiederholungen, die mit praxisüblicher Technik bewirtschaftet wurden.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Im Rahmen der Fruchtfolge konnte im Nachauflaufverfahren und späterer Hacke mit Untersaat bei reduziertem Herbizidaufwand (je 0,5 l - 0,6 l/ha Callisto und Motivell) in zwei von drei Jahren eine gute Unkrautkontrolle, im dritten Jahr eine befriedigende Wirkung erzielt werden. Optimale Ausbringungsbedingungen (Entwicklungsstadium der Beikräuter) sollten bei reduzierten Aufwandmengen gegeben sein. Der Austausch von Soja durch Erbse ermöglichte auch in körnermaisbetonten Fruchtfolgen eine stets gute Unkrautkontrolle.

---

<sup>1</sup> Agentur für Nachhaltige Nutzung von Agrarlandschaften (ANNA), Klosterrunsstr. 17, 79379 Müllheim (Baden)

<sup>2</sup> Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Colmar) / Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA)

<sup>3</sup> IfuL - Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung, Auf der Breite 7, 79379 Müllheim

Durch die Untersaat von Weidelgras in Mais, Sommerhafer in Soja und durch die Zwischenfrucht Senf nach Erbse konnten im Mittel der drei Jahre vor Winter noch 18,4 t TM /ha produziert werden, die N-Aufnahme betrug im Mittel 54,2 kg N /ha. Die Risiken der Nitratauswaschung nach Körnerleguminosen und nach Mais (z.B. infolge von Ertragsausfällen durch Sommertrockenheit) ließen sich damit erheblich mindern. Die Bodenbedeckung blieb bis ins Frühjahr erhalten, wenn der Wiederaustritt mechanisch oder chemisch unterbunden wurde.

Auch mit den innovativen Verfahren konnten auf deutscher Seite dem Monomais entsprechende Erträge erzielt werden. Das Ertragsniveau litt 2003 durch Sommertrockenheit und 2004 durch Hagelschäden (Tab.1).

**Tab.1:** Mittlere Körnermaiserträge in dt/ha der Anbaujahre 2003 -2005

Monomais / Steinenstadt	70,35
Mais innovativ / Steinenstadt	74,86
Monomais / Viehweg	87,21
Mais innovativ / Viehweg	87,41

In wirtschaftlicher Hinsicht wurde das Ergebnis weniger durch Defizite beim Mais, als vielmehr durch die geringe Wettbewerbskraft der Körnerleguminosen beeinträchtigt. Nur wenn die mit der Methode INDIGO ermittelten Umweltleistungen im Rahmen von Umweltprogrammen auch entlohnt wurden, konnte der innovative Maisanbau gegen konventionellen Daueranbau konkurrieren.

**Tab.2:** Mittlere Deckungsbeiträge (€/ha) von Anbauverfahren mit und ohne Ausgleichszahlungen bzw. Flächenprämien. (3 Jahre, 2 Standorte in Südbaden)

Anbausysteme	Mittlerer Deckungsbeitrag mit Ausgleichszahlungen	Mittlerer Deckungsbeitrag ohne Ausgleichszahlungen
Mais in Fruchtfolge pfluglos, Zwischenfrüchte Soja/ Mais / Erbse	292 €	-233 €
Mais Daueranbau, Pflug Herbst, ohne ZF.	402 €	-18 €
Mais in Fruchtfolge pfluglos, Zwischenfrüchte Mais/ Soja/ Mais	358 €	-143 €

Systemversuche eignen sich gut, um innovative Ansätze aus der Forschung zu bündeln und sie praxis- und zeitnah mit konventionellen Szenarien zu vergleichen. Innovative Maisproduktionsverfahren können nur dann gegenüber konventionellem Maisanbau konkurrieren, wenn die zusätzlichen Umweltleistungen entlohnt werden.

### Literatur

- Bockstaller, C., A. Blatz, K. Müller-Sämann, T. Hölscher, F. Schneider, F. Juncker-Schwing 2006: Improving the sustainability of irrigated maize-based cropping: 9th ESA Congress, Warsaw, Poland, September 4-6, 2006.
- Meynard, J. M., R. Reau und D.P.S. Robert 1996 : Evaluation expérimentale des itinéraires techniques, Expérimenter sur les conduites de cultures : Un nouveau savoir-faire au service d'une agriculture en mutation, 10 janvier 1996, Paris, DERF, ACTA, Paris, 1996, pp. 63-72.

Dieses Projekt wurde gefördert durch die EU (Interreg III), das Land Baden-Württemberg und die Region Elsass (F) als Teil des ITADA Programms III.

## **Entwicklung und Optimierung standortangepasster Anbausysteme für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime – Mischanbau**

Matthias Dietze

### **Einleitung**

Ziel des Mischanbaus ist es, auf weniger ertragreichen Standorten bei einem niedrigeren Intensitätsniveau höhere und vor allem stabilere Erträge als durch Reinsaaten zu erreichen. Dieser Effekt begründet sich mit der ausgeglicheneren Reaktion der Mischsaaten auf die Umwelteinflüsse und der Verringerung der Einflüsse durch Schaderreger und Unkräuter. Demzufolge dürften der ökologische Landbau und trockene Sandböden („Grenzstandorte“) als besonders für den Mischfruchtanbau geeignet sein.

Innerhalb des Verbundprojektes „Entwicklung und Optimierung standortangepasster Anbausysteme für Energiepflanzen“ stehen zur Erreichung des genannten Zieles im Teilprojekt „Mischfruchtanbau zur energetischen Nutzung auf sandigen Böden“ an der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA) folgende Aufgaben im Vordergrund:

- Prüfung von Futterpflanzen und Körnerfrüchten auf ihre Eignung für den Mischanbau nach bereits erarbeiteten Kriterien,
- Ermittlung und Vergleich der Leistungen von Futterpflanzen und Körnerfrüchten im Mischanbau und in Reinsaat,
- Erarbeitung von Produktionskennziffern,
- Prüfung „verloren gegangener“ Feldfrüchte mit hoher Biomasseleistung, die auf Grund spezifischer Eigenschaften für Sandböden geeignet waren,
- Entwicklung von Produktionstechnologien für geeignete Rohstoffpflanzen zur höchstmöglichen Erzeugung von Biomasse und Biogas auf benachteiligten Standorten.

### **Material und Methoden**

Die Untersuchungen erstrecken sich über den Zeitraum von 2005 bis 2008 auf dem Versuchsstandort Gülzow bei Güstrow auf sandigem Substrat mit der Ackerzahl 25. Eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8,2 °C und ein Jahresniederschlag von 542 mm kennzeichneten das Versuchsjahr 2005.

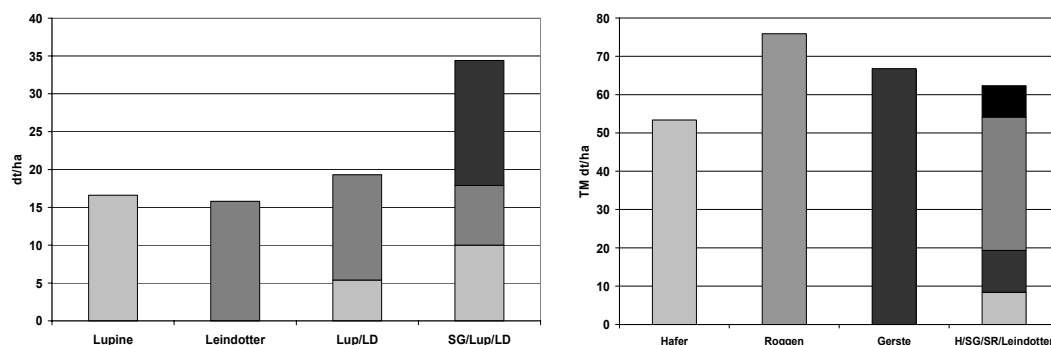
In dem Versuch wird der Ansatz verfolgt, mit Gemengen aus Getreide, Leguminosen und Ölpflanzen höhere Methangehalte in dem aus den Substraten gewonnenen Biogas zu erreichen (Produktion sich qualitativ ergänzender Biomassen).

Ausgehend von der regionalen Empfehlung für die Reinsaat wurde die Wichtung der Saatstärke und Stickstoffmenge im Gemenge modular festgelegt. Die Anbauform ist eine gemischte Saat ohne spezielle Anordnung.

Ertragsermittlung und Erfassung der Begleitflora bei Rein- und Mischsaaten bilden den Schwerpunkt der Versuchsanstellung. Über eine Analyse der Inhaltsstoffe und Verdaulichkeit der Einzelkomponenten (DLG-FUTTERWERTTABELLE) werden rechnerisch die Biogaspotentiale ermittelt (SCHATTAUER WEILAND, 2005). Außerdem werden Daten zu Standort, Witterung, Boden und Bestandesstruktur erhoben sowie eine ökonomische Bewertung vorgenommen.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Ganzpflanzenernte von Hafer, Roggen, Gerste und Gemenge wurde am 11.07.2005 durchgeführt. Die Ernte erfolgte zwischen BBCH 77 und 83 mit TS-Gehalten zwischen 35 % und 40 %. Mais und Sudangras wurden mit TS-Gehalten von 32 % und knapp 20 % geerntet. Die TM-Erträge des Mais sind allen anderen Varianten überlegen (nicht abgebildet). Mit 170 dt TM/ha liegt der Maisertrag ca. 90 dt höher als der Ertrag von Sudangras und Roggen, die mit 77 dt bzw. 76 dt TM/ha in der Ertragshöhe vergleichbar sind. Gerste (67 dt TM/ha), Hafer (53 dt TM/ha) und das Gemenge Hafer – Gerste – Roggen - Leindotter (62 dt TM/ha) haben geringere Trockenmasseerträge. Mit Ausnahme des Hafers bleibt das Gemenge bei den Trockenmasseerträgen hinter denen der Reinsaaten zurück.



**Abbildung:** TM-Erträge (dt/ha) von Rein- und Mischsaaten unterschieden nach dem Verfahren Ganzpflanzen- und Körnerernte

Bei der Körnernernte wurden die Leistungen der Reinsaat von Lupinen und Leindotter mit denen der Gemenge aus Lupinen – Leindotter bzw. Gerste – Lupinen – Leindotter ermittelt. Interessant ist, dass sowohl die Lupine, als auch der Leindotter den Gemengen in der Summe der Erträge unterlegen sind. Das Gemenge Lupine – Leindotter und auch die Ertragsanteile der Lupine und des Leindotters am Gemenge mit Gerste liegen mit 19,3 dt/ha bzw. 17,9 dt/ha deutlich höher. Bei der Mischung Gerste – Lupine – Leindotter kommt zu den Erträgen der Lupine (10 dt/ha) und des Leindotters (7,9 dt/ha) noch der Ertragsanteil der Gerste mit 16,5 dt/ha dazu.

Im Gegensatz zur Ganzpflanzenernte traten bei der Körnernernte Ertragsvorteile der Gemenge gegenüber den Reinsaat auf.

Die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres werden unter Einbeziehung der Ergebnisse der nachfolgenden Versuchsjahre einer ökonomischen und ökologischen Bewertung unterzogen.

## Literatur

SCHATTAUER, A., WEILAND, P., 2005: Grundlagen der anaeroben Fermentation; Handreichung Biogasgewinnung und –Nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. Gülzow, S. 25-35

Das Projekt wird mit Mitteln des BMVEL gefördert und von der FNR betreut.

## **Aufbereitung von nachwachsenden Rohstoffen zur energetischen Nutzung mittels mechanischer Entwässerung**

Jürgen Reulein, Michael Wachendorf & Konrad Scheffer

### **Einleitung**

Aus zahlreichen Studien der letzten Jahre geht hervor, dass Biomasse einen gewichtigen Teil zur Energiewende beitragen muss.

Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen steht in direkter Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Das bedingt, dass höchste Flächenerträge erzielt werden müssen. Weiterhin ist es wichtig, dass die im Pflanzenaufwuchs gespeicherte Energie von ca. 10.000 l Öläquivalent je Hektar (bei 20 t oTM/ha) so effektiv wie möglich genutzt wird. Um mit Rapsöl einen Liter Dieseldieselkraftstoff (DK) zu ersetzen, werden ca. 7,5 kg oTM an Biomasse benötigt. Die gleiche Biomasse könnte auf thermischem Weg 3 l DK ersetzen.

Mit speziellen Anbausystemen, wie dem Zweikultur-Nutzungs-System (Scheffer und Stülpnagel) können über die Silierung des Ganzpflanzenaufwuchses wesentlich höhere Flächenerträge erzielt werden, wobei die sehr hohen Wassergehalte von bis zu 85 % allerdings eine thermische Nutzung erschweren. Außerdem gilt für Biomassen sowohl aus Trocken- als auch aus Feuchtgutlinien, dass die Produkte hinsichtlich der Brennstoffqualitäten schlechter bewertet werden müssen als Holz.

Getreidekorn ist als Brennstoff nur in Feuerungsanlagen zugelassen, welche die Richtlinien der BImSchV 4. (TA Luft) erfüllen. Hauptproblem ist dabei der Ausstoß von NO<sub>x</sub>, der sehr eng mit dem Stickstoffgehalt im Brennstoff korreliert. Die Reduzierung der brenntechnisch störenden Bestandteile in den Brennstoffen ist deshalb sehr wichtig.

Die mechanische Entwässerung von Ganzpflanzensilagen ist ein effizientes Verfahren zur Trocknung, einhergehend mit einer deutlichen Steigerung der Brennstoffqualitäten. Dabei werden Silagen mechanisch in eine feste und eine flüssige Fraktion getrennt. Im Optimum enthält die flüssige Phase (Presssaft) alle brenntechnisch störenden Bestandteile sowie alle organischen Anteile die in einer Biogasanlage leicht abbaubar sind. Der Presssaft wird nach der Vergärung als Dünger eingesetzt. Der Presskuchen besteht dann aus nahezu Aschefreier oTS. Mit der bei der Biogasverstromung anfallenden Abwärme kann der Presskuchen nachgetrocknet werden. Damit entsteht ein hochwertiger organischer Brennstoff.

### **Material und Methoden**

Als Grundsubstrat wurden Ganzpflanzensilagen aus Weizen (BBCH 71) und aus Mais (BBCH 80 bzw. BBCH 82) hergestellt. Als Versuchssilos dienten 60 l Kunststofffässer. Variiert wurden die Strohanteile, die dem Pflanzenmaterial vor der Silierung zugemischt wurden, sowie der Einsatz von verschiedenen Maischflüssigkeiten und -mengen. Das Abpressen erfolgte mit einer Schneckenpresse vom Typ AV der Fa. Vetter in Kassel (Schneckenumlauf 12 Umin<sup>-1</sup>; Sieblochung 1,5 mm Schneckensteigung 1:7,5). Die Analysen wurden nach den Richtlinien der Weender Futtermittelanalyse durchgeführt. Weiter wurden Na, K, P und Cl bestimmt. Aus den Presssäften wurde das Methangasbildungspotential im 20 l Batchfermenter untersucht.

## Ergebnisse und Diskussion

Durch die Mechanische Entwässerung konnte Weizen-GPS ohne Zusätze und Vorkonditionierung mit einem durchschnittlichen TS-Gehalt von 22 % auf rund 40 % TS im Presskuchen getrocknet werden. Diese relativ geringe Steigerung im TS-Gehalt bedeutet trotzdem einen Wasserentzug von ca. 58 %. Bei den Maissilagen des ersten Erntezeitpunktes konnten im Durchschnitt 45 % Trockensubstanz erreicht werden. Der TS-Gehalt der Ausgangsmaterialien lag bei ca. 21 %. Die Maissilage im höheren BBCH-Stadium hatte einen TS-Gehalt von 32 % und konnte bis auf ca. 50% TS im Presskuchen entwässert werden. Das Reifestadium wirkt sich demnach deutlich auf den Trocknungserfolg aus, jedoch nicht auf die Zusammensetzung der Trockensubstanz in den Presskuchen. (vgl. Tab. 1)

Der Massenfluss in den Presssaft gibt an, welche Mengen an Trockenmasse für die Biogasanlage zur Verfügung stehen und wie groß der Anteil an Mineralien (XA) und Stickstoff (N) ist, der im landwirtschaftlichen Kreislauf geführt werden kann. Der Massenfluss von XA und N verhält sich in jedem Fall überproportional zum Massenfluss der organischen Trockensubstanz.

Tabelle 1 zeigt die Veränderungen in der Zusammensetzung der Trockensubstanz. Die Stickstoffgehalte in den Materialien konnten deutlich gesenkt werden und liegen im Mittel aller untersuchten Pflanzen bei ca. 0,95 % N i. d. TM. Weitere Untersuchungen mit Maissilage nach Vorkonditionierung ergaben Massenflüsse der oTM in den Presssaft von 48 % bei gleichzeitigen N-Gehalten in den Presskuchen von 0,6 %.

**Tabelle 6:** Bestandteile von Weizen- und Maisganzpflanzensilagen (GPS) sowie deren Presskuchen (PK) und der Massenfluss in den Presssaft (PS)

Bezeichnung		Analyse				Massenfluss in PS			
		TS	XA	N	XL	oTM	XA	N	XL
		in % der TS				in % der GPS			
Weizen	GPS	22,0	9,2	1,5	2,8	17	39	22	8
	PK	40,1	7,2	0,9	3,1				
Mais BBCH 80	GPS	21,0	5,1	1,4	1,9	36	67	53	21
	PK	45	3,2	1,1	2,3				
Mais BBCH 82	GPS	32,0	4,2	1,1	3,3	15	43	36	9
	PK	49,6	3,1	0,9	3,5				

Die Vergärbarkeit der Presssäfte ist als sehr hoch einzustufen. In verschiedenen Quellen wird das Gasbildungspotential von Maissilage mit bis zu 350 l CH<sub>4</sub>/kg oTS angegeben. Die Vergärung der Presssäfte ergab Gasmengen von 450 l CH<sub>4</sub>/kg oTS, mit Abbauraten von >90%. Abschließend lässt sich sagen, dass bei Massenflüssen ab ca. 30 bis 40 % der oTS in den Presssaft die Abwärme der Biogasverstromung ausreichend ist um den Presskuchen auf Brennstoffqualität zu trocknen (85 % TS). Damit verbleiben mehr als 60 % des Pflanzenaufwuchses als Netto-Brennstoff (> 140 dt TM/ha), die qualitativ deutlich besser sind als Getreidekorn.

## Literatur

Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004: Teil I Nr.20: Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes  
 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg) 2005: Kapitel 4: Beschreibung ausgewählter Substrate. Handreichung Biogas: 86-96.

## Ertrag und Qualität von Energiepflanzen für die Biogasproduktion

Armin Vetter & Michael Conrad

### Einleitung

Neben dem tierhaltungsbedingten Potenzial an Gülle, Mist und Einstreu kommen immer mehr landwirtschaftliche Kofermente zur Erhöhung der Biogas- und Methanausbeute zum Einsatz. Untersucht wurden bisher konventionelle Pflanzenarten, wie Mais, Rüben, Getreide sowie unterschiedliche Grasarten und -sorten auf ihre Eignung als Koferment. Der derzeit überwiegende Einsatz von Maissilage als Koferment muss aber in Anbetracht der ständig steigenden Anzahl von Biogasanlagen aus fruchtfolgetechnischen Gründen kritisch betrachtet werden.

### Material und Methoden

Inhalt der vorgestellten Untersuchungen ist die Begutachtung der Prozesskette vom Anbau von 10 verschiedenen Energiepflanzen auf 4 Standorten, über die Prüfung geeigneter Erntesysteme, die sichere Silierung bis hin zur Bestimmung und Messung der Biogas- und Methanausbeuten in Batch- bzw. kontinuierlichen Gärversuchen unter einheitlichen Kriterien. Die Standortbeschreibung ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

**Tabelle 1:** Versuchsstandorte

Standort	Bodenform	Bodenart	Ackerzahl	Höhenlage (m)	Temperatur (°C)	Niederschläge (mm)
Heißberg (Vorgebirge)	Bergton-Staugley	Lehm-Ton	43	380	7,1	760
Dornburg (Ackerebene)	Löss-Griserde	Lehm	46 - 80	260	8,1	578
Müllheim (Rheinebene)	Parabraunerde	Lehm	80	232	9,5	630
Burkersdorf (Vorgebirge)	Berglehm-Braunerde	Sandiger Lehm	36	284	7,8	642
Kirchengel (Ackerebene)	Löss-Rendzina	Lehm	60-65	305	7,8	568

Als Silierhilfsmittel ist ein einheitliches handelsübliches Milchsäurepräparat verwendet worden, da bei der vorhergehenden Erprobung verschiedener Hilfsmittel kein Unterschied bezüglich ihrer Wirkung zu erkennen war. Die Silierung selbst erfolgte in 1 l-Gläsern. Für die Gärversuche kamen die Vorschriften in DIN 38414 Teil 8 und der VDI-Richtlinie 4630 „Vergärung organischer Stoffe“ zur Anwendung.

### Ergebnisse und Diskussion

An allen vier Versuchsstandorten wurden die Maissorten „Doge“ und „PR38F53“ als Vergleichspflanzen angebaut. Am Versuchsstandort Dornburg brachte erstmalig beerntete Durchwachsene Silphie zusammen mit dem Mais „Doge“ die besten Methanerträge (NI Methan/ha). Die Maissorte „PR38F53“, Topinamburkraut im mehrjährigen Anbau, Luzernegras zu Blühbeginn und in der Vollblüte, Sudangras und die Zuckerhirsen „Super Sile 18 und 20“ erreichten gute Methanausbeuten und -erträge.

Die Zuckerhirsen „Super Sile 15“ und „Friggo“ und auch die Topinamburknollen sowie das Kraut des einjährig kultivierten Topinamburs erzielten zu niedrige Methanausbeuten bzw. -erträge, um als Koferment in Biogasanlagen wirtschaftlich eingesetzt werden zu können. Eine Alternative zur Steigerung der Methanerträge bei

Topinambur wäre, Kraut und Knolle gemeinsam zu silieren und einzusetzen, dabei bereitet aber die Verschmutzung der Knolle und deren geringe TS bei der Silierung und im technischen und technologischen Prozess im Reaktor große Probleme.

Die theoretisch möglichen Methanausbeuten der aus den genannten Pflanzenarten gewonnenen Silagen unterschieden sich manchmal beträchtlich vom unsilierten Pflanzenmaterial. Wenig Abweichung war bei Luzerne zu Blühbeginn und zur Vollblüte, Durchwachsener Silphie, Zuckerhirse „Super Sile 18“ und den beiden Maissorten zu verzeichnen. Negativ wirkte sich die Silierung auf Methanwerte der Zuckerhirsesorten „Super Sile 15, 20“ und „Friggo“ sowie des Topinamburkrauts im ein- und mehrjährigen Anbau aus. Positiv war der Umsetzungsprozess dagegen bei Topinamburknollen.

Die Ergebnisse der Praxis nachempfundenen Batchversuche waren mit den theoretisch berechneten Werten weitgehend vergleichbar. In den Batchversuchen war der Methanstieg im Vergleich zu reiner Rindergülle bei Sudangras höher als bei der Maissorte „Doge“. Sudangras und die beiden Maissorten erbrachten gute Ergebnisse. Wie bereits bei den theoretischen Berechnungen der Methanausbeuten der Silagen festgestellt wurde, ist die Zuckerhirse „Super Sile 20“ nur bedingt, die Zuckerhirse „Friggo“ und Topinamburkraut im einjährigen Anbau nicht für den Einsatz als Koferment zu empfehlen.

Die mit mehrjährigem Topinamburkraut, Durchwachsener Silphie und Luzernegras durchgeführten kontinuierlichen Versuche zeigten, dass nach 60 Tagen Versuchsdauer noch kein stabiler Zustand erreicht war. Die Methanausbeuten bis dahin waren bei den drei Arten in etwa gleich.

Die ermittelten Werte für die am Versuchsstandort Heßberg angebauten Pflanzenarten zeigten, dass der Topinambur in zweiten Anbaujahr außerordentlich gute Ergebnisse aufwies und im Methanertrag alle anderen Pflanzenarten übertraf. Auch die Durchwachsene Silphie erreichte in Heßberg ähnlich gute Ergebnisse wie am Standort Dornburg. An dem Vorgebirgsstandort war der Silomais „PR38F53“ dem Energiemais „Doge“ in allen Kriterien weit überlegen. Klee gras zu Blühbeginn und das wärmeliebende Sudangras in der ersten Probeernte wiesen gute Erträge auf.

Am Standort Müllheim ist die Durchwachsene Silphie im Dreiblattstadium abgestorben. Hier stellte der Mais als einzige Pflanzenart eine lukrative Kofermentpflanze dar. Alle anderen Pflanzenarten erbrachten Mindererträge. Selbst Sudangras, welches in der vorangegangenen Vegetationsperiode überdurchschnittlich Erträge erzielte, war im Jahr 2005 in ertraglicher Hinsicht unbefriedigend.

Die Relationen zwischen Haupt- und Zweitfruchtanbau bei Mais und Sudangras waren an allen Standorten unterschiedlich und ließen keine klaren Tendenzen erkennen.

Die Niederschläge, insbesondere im Zeitraum Juni bis September sind für die erfolgreiche Etablierung von Zweikulturnutzungssystemen von entscheidender Bedeutung und deshalb bei der Standortwahl zu beachten.

## **Literatur**

DLG-Futterwerttabelle, DLG-Verlags-GmbH, Eschborner Landstrasse 122, 60489 Frankfurt am Main, 1997

Handreichung Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe „Biogasgewinnung und -nutzung“, Gülzow, 2005

Forschungsbericht W. Neumerkel, B. Märtin, Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) - eine neue Futterpflanze, Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde Berlin 26 (1982) 4, S. 261-271



## **Pflanzenbauliche Aspekte der Ethanolgetreideproduktion**

Martin Farack, Michael Grunert<sup>1</sup> & Armin Vetter

### **Einleitung**

Ethanol ist weltweit der bedeutendste Biokraftstoff. In Deutschland hatte Bioethanol als Kraftstoff bis 2004 keine Bedeutung. Erst mit der Einführung des Mineralölgesetzes vom 27.10.2003, welches seit 2004 die Zumischung von auf Biomasse basierenden Kraftstoffen zu fossilen Kraftstoffen von der Mineralölsteuer befreit, erlangte Bioethanol als Kraftstoff wirtschaftliches Interesse. An den Standorten Zeitz, Zörbig und Schwedt entstanden in den Jahren 2004 und 2005 drei Bioethanolanlagen mit einer Produktionskapazität von insgesamt 590.000 m<sup>3</sup> Ethanol im Jahr. Dafür werden jährlich 1,6 Millionen Tonnen Getreide, bevorzugt aus dem Umfeld der Anlagen, benötigt. Bioethanol kann theoretisch aus allen kohlenhydrat- aber auch lignocellulosehaltigen pflanzlichen Produkten gewonnen werden. Aus technologischen, ökonomischen und logistischen Gründen konzentriert sich die Nachfrage gegenwärtig auf die Getreidearten Weizen, Triticale und Roggen. Die derzeitigen Produktionsverfahren für Weizen, Roggen und Triticale sind auf den Verwendungszweck für Nahrungs- und Futtergetreide ausgerichtet. Alle bisherigen Züchtungsaktivitäten und Anbauempfehlungen für Getreidearten haben das Kriterium Stärkegehalt vernachlässigt und den Rohproteingehalt mit Ausnahme von Brotroggen gefördert. Ziel der Ethanolproduktion ist aber die Maximierung der Ethanol- ausbeute je Kilogramm eingesetzter Rohstoff. Weiterhin ist wegen der Verwertung des Koppelproduktes Schlempe als Futter, deren Belastung mit Schadstoffen wie z.B. Mykotoxine gering zu halten. Gegenwärtig dienen der Stärke- und Rohproteingehalt sowie die Mykotoxinbelastung als Auswahlkriterien von Arten und Sorten für die Ethanolrohstoffherzeugung.

### **Material und Methoden**

Die Erarbeitung von Anbau- und Sortenempfehlung für die Bioethanolgetreideherzeugung basiert auf den Landessortenversuchen der Bundesländer Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Bei Winterweizen werden die Landessortenversuche mit dem Ziel Erzeugung von Qualitätsweizen durchgeführt. Aus diesem Grund erfolgte eine zusätzliche Prüfung der von ausgewählten Weizensorten mit geänderter Stickstoffdüngung.

### **Ergebnisse und Diskussion**

In Bezug auf die Ethanol- ausbeute schneiden Weizen und Triticale annähernd gleich ab, während Roggen deutlich abfällt (Abbildung). Dies ist auf den geringeren Stärkeanteil und roggen-spezifische Inhaltsstoffe zurückzuführen (Rosenberger, 2005). Hohe Stärkegehalte und niedrige Rohproteingehalte bei möglichst geringen Kosten je Produkteinheit favorisieren unter den besseren Standortbedingungen in Ostdeutschland, ertragsstarke Qualitäts- (A)-, Back (B)- und Futter (C)-Weizen sowie Triticale. Bei der Wahl der Getreideart auf leichteren Standorten sollte wenn möglich Triticale wegen der höheren Ethanol- ausbeute gegenüber dem Roggen der Vorzug gegeben werden. Von entscheidender Bedeutung für den Erfolg des Getreideanbaus für die Ethanolproduktion ist die Auswahl geeigneter Sorten. Diese sollte nach

---

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Apoldaer Straße 4, 07778 Dornburg

<sup>1</sup> Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Gustav-Kühn-Straße 8, 04159 Leipzig

folgenden Kriterien erfolgen: standortabhängige Ertragsleistung, hoher Stärke-, niedriger Rohproteingehalt, geringe Anfälligkeit gegenüber Fusarium bzw. Mutterkorn, hohe Tausendkornmasse und gute Standfestigkeit. Im Sortiment von Winterroggen und Wintertriticale sind kaum signifikante genetische Unterschiede im Stärkegehalt zu verzeichnen. Daher erlangen hier die regionale Ertragsleistung, der Mutterkornbefall und Fusariumanfälligkeit sowie die Standfestigkeit besondere Bedeutung. Für den Anbau 2006 werden die Triticalesorten SW Talentro, Benetto, Vitalis, Trimester, Triticon und die Winterroggensorten Recrut, Boresto, Matador, Picasso, Ascari, Fernando, Avanti empfohlen.

Das Winterweizensortiment der Landessortenversuche zeigte im Vergleich zu Triticale und Winterroggen eine höhere Streuung des Stärkegehaltes zwischen den Sorten als auch den Einzelorten.

Für die Aussaat 2006 werden nachfolgende Sortenstrategien bei Weizen verfolgt:

1. Vertragsproduktion mit Energiepflanzenprämie unter Verwendung ertragsstarker und stärkereicher Massenweizen (B und C) sowie gezielter Produktionstechnik mit den Sorten Hermann, Skalmjeje, Ephoros, Buteo, Dekan, Anthus, Hybred.
2. Alternative Verwendung rohproteinschwacher Qualitätsweizen (A)-Partien, hier sollen die Sorten Cubus, Batis, Pegassos, Paroli, Akratos bevorzugt werden.

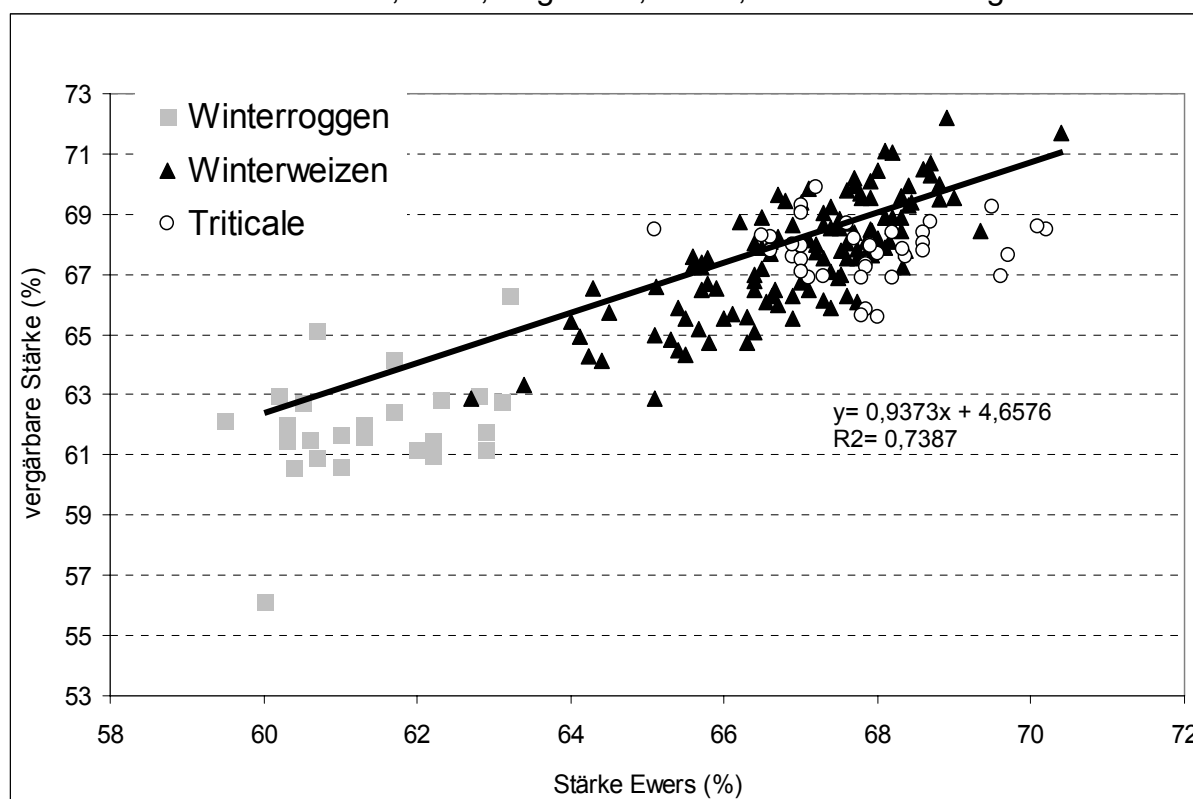


Abbildung: Beziehung zwischen Stärkegehalt (nach EWERS) und vergärbare Stärke (Landessortenversuche 2004/2005);  
Quelle: Bargholz, J., Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

## Literatur

ROSENBERGER; A. 2005: Identification of Top-performing Cereal Cultivars for Grain-to-ethanol Operations; 1. European Bioethanol Technology Meeting Detmold

## **Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) als energieliefernde Pflanze im Bereich Biogas und Bioethanol**

Kerstin Stolzenburg

### **Einleitung**

Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) ist als Bioenergieträger sehr gut geeignet. Hauptnutzungsrichtung in diesem Bereich sind die Biogaserzeugung und die Bioethanolgewinnung. Die in Deutschland bekannten Topinambursorten und –herkünfte weisen sowohl hinsichtlich ihres quantitativen als auch qualitativen Potenzials große Unterschiede auf. Für die Energiegewinnung sind ausschließlich Sorten mit hoher Biomasseproduktion bzw. hohem Zucker- und Inulinertag je Flächeneinheit interessant.

### **Material und Methoden**

An der LAP Forchheim wurden seit 1994 etwa 70 Topinambursorten und –herkünfte auf Biomasseertrag und Inhaltsstoffe geprüft. Untersucht wurden u.a. der Inulingehalt sowie der Saccharose-, Glucose- und Fructosegehalt vor und nach der Hydrolyse. Aus dem Gehalt an Monosacchariden lässt sich die theoretische Alkoholausbeute errechnen. In einem von der FNR geförderten Projekt eines Energiepflanzen-Artenvergleiches werden an Topinamburkraut und Topinamburknollen Mineralstoffe, der Aschegehalt sowie Rohfett, Roheiweiß, Rohfaser und N-freie Extraktstoffe ermittelt, die Aufschluss über die theoretisch zu erzielende Biogas- bzw. Methangasausbeute, den Heizwert und den Energiegehalt/ha geben können.

### **Ergebnisse und Diskussion**

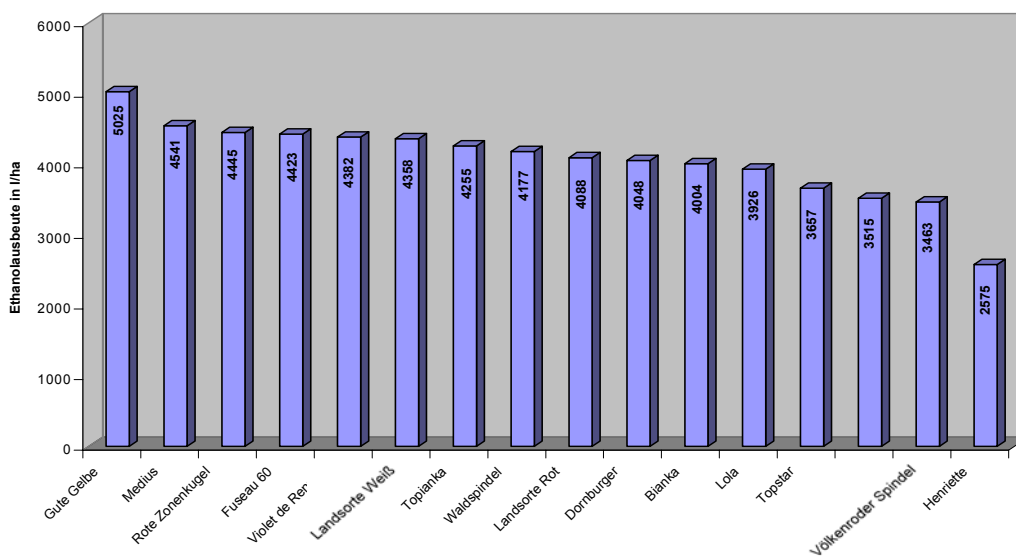
Der Gesamtpflanzenenertrag von Topinambur (Knollen und Kraut) ist sortenspezifisch zwischen Mitte September und Mitte Oktober am höchsten. Die Sorte Rote Zonenkugel konnte aufgrund ihres Wuchstyps besonders hohe Krauterträge erzielen. Ab dem Versuchsjahr 2004 wurde diese Sorte deshalb im Rahmen der Nutzung nachwachsender Rohstoffe als Co-Substrat für die Biogasnutzung in verschiedenen Versuchen mit anderen Kulturarten verglichen. Der höchste Gesamtpflanzenenertrag wurde jeweils Ende September erreicht. Topinambur und die Energiemaissorte Doge (KWS) erzielten bei optimaler Wasserversorgung Spitzenerträge bis über 30 t TM/ha. Für Topinamburknollen aus diesem Versuch wurde in einer Versuchsreihe an der Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen Stuttgart-Hohenheim eine Methangasausbeute von 393 Liter/kg OTS verbunden mit einer extrem guten und schnellen Vergärung ermittelt. Für die mit Topinamburknollen verglichenen sechs Maissorten konnten im Mittel nur 335 Liter Methan/kg OTS ermittelt werden. Topinamburkraut erreichte diese Ausbeute nicht. Hier lagen die Versuchsergebnisse im ersten Jahr bei 264 und im zweiten Versuchsjahr bei 291 Liter Methan/kg OTS (Tab. 1).

Topinambur synthetisiert und speichert in ihren Knollen große Mengen Inulin als Reservekohlenhydrat. Die ermittelten Gehalte an vergärbaren Monosacchariden nach der Hydrolyse lassen auf die Ethanolausbeute schließen. Im 8jährigen Mittel der Forchheimer Untersuchungen lag die theoretische Alkoholausbeute sortenspezifisch

zwischen 8,3 und 9,2 Liter/100 Liter Maische bzw. zwischen 2575 und 5025 Liter Ethanol/ha (Abb. 1). Der Spitzenertrag wurde für die Sorte Gute Gelbe ermittelt. Diese bemerkenswerten Erträge machen Topinambur für die großtechnische Bioethanolgewinnung interessant. Der Flächenethanolertrag inulinreicher Topinambursorten wird in Deutschland derzeit lediglich durch die Zuckerrübe mit ca. 5600 l Ethanol/ha überboten.

**Tab. 1: Biogasausbeuterelevante Inhaltsstoffe in Topinambur**  
(LAP Forchheim, Sorte: Rote Zonenkugel, 2005/06)

	Topinamburknollen	Topinamburkraut (grün)
TS-Gehalt (%)	18,2	28,8
Rohfett (% der TM)	0,19	0,98
Roheiweiß (% der TM)	12,34	10,22
Rohfaser (% der TM)	3,37	24,54
N-freie Extraktstoffe	76,47	56,10
Biogas (l/kg oTS)	553	535
Methan (l/kg oTS)	393	291
Biogas (m <sup>3</sup> /ha)	2150	6468
Methan (m <sup>3</sup> /ha)	1170	3511
Heizwert (MJ/kg)	18,2	17,4
Energiegehalt (GJ/ha)	77,0	227



**Abb. 1: Ethanolausbeute verschiedener Topinambursorten und -herkünfte**  
(LAP Forchheim, 8jähriges Mittel über die Sorten)

### Literatur

- Stolzenburg, K., 2002: Topinambur – Anbau und Verwertung, Sonderheft 1/2002 der Reihe Informationen für die Pflanzenproduktion, Herausgeber: LAP Forchheim
- Schweiger, P. und Stolzenburg, K.: Rohstoffqualität und Vermarktungsmöglichkeiten von Topinambur, Sonderheft 1/2005 der Reihe Informationen für die Pflanzenproduktion, Herausgeber: LAP Forchheim

## Leistungsvergleich annueller und perennierender Vegetationstypen im Mitteldeutschen Trockengebiet

Sven Freydank, Gisa-Wilhelmine Rathke<sup>1</sup>, Roland Hoffmann-Bahnsen & Wulf Diepenbrock

### Einleitung

Die zunehmende Knappheit fossiler Energiereserven führt zu einem steigenden Wert von alternativen Energiequellen. Dies macht den Anbau von potentiellen Energiepflanzen für den Landwirt attraktiv. Neben den klassischen landwirtschaftlichen Kulturarten werden zunehmend Pflanzenarten wie *Miscanthus*, Pappeln und Weiden für den Anbau interessant. Eine wichtige Größe für die rentable Produktion ist der Energieertrag. Dieser ist das Produkt aus Trockenmasseertrag und Energiegehalt. Somit kommt dem kulturartspezifischen Ertragspotential und der damit verbundenen Ertragsdynamik der unterschiedlichen Vegetationstypen eine große Bedeutung zu. Eine vergleichende Analyse zwischen annuellen und perennierenden Kulturarten auf Basis des kumulativen Energieertrages und der eingestrahelten kumulativen photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) ist gut geeignet, die Leistungsfähigkeit der einzelnen Kulturart zu beschreiben.

### Material und Methoden

Der Versuch wurde auf der Lehr- und Versuchstation der Martin-Luther-Universität in Bad Lauchstädt etabliert. Der Standort ist geprägt durch seine geographische Lage im Regenschatten des Harzes. Angebaut wurden ab dem Jahr 2000 die perennierenden Kulturarten *Populus nigra* L., *Salix viminalis* L. und *Miscanthus giganteus* (Greef et Deu) in Grossparzellen und ab Herbst 2000 die annuellen Kulturarten *Triticosecale* Wittm. und *Brassica napus* L. in einer Blockanlage mit 4 Wiederholungen. Die N-Düngung erfolgte in zwei Varianten: Variante 1 für alle Arten  $0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , Variante 2 artspezifisch angepasst. Die perennierenden Arten wurden mit  $100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , Winterraps mit  $160 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  und Wintertriticale mit  $120 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  gedüngt.

Der Vergleich der unterschiedlichen Vegetationstypen erfolgt auf Basis des flächenbezogenen Energieertrages. Zur Bestimmung des Energieertrages wurden die Trockenmasseerträge der einzelnen Arten ermittelt. Bei den annuellen Kulturarten und *Miscanthus* wurden die jährlichen Erträge aus den Direkternten aufsummiert. Bei den Baumarten erfolgte die Trockenmassebestimmung an Hand eines Schätzverfahrens, welches den Brusthöhendurchmesser (BHD) als Trockenmasseindikator nutzt. Die Energiegehalte zur Bestimmung des Energieertrages wurden aus der Literatur entnommen (Rathke und Diepenbrock, 2003; Long und Beale, 2001; Maier et al. 1998). Die direkt ermittelten und die geschätzten Trockenmasseerträge wurden mit dem Energiegehalt multipliziert und gegen den physiologischen Zeithorizont, der kumulativen PAR aufgetragen (aus Globalstrahlungsdaten der Wetterstation des UFZ Leipzig-Halle GmbH, Department Bodenphysik, Arbeitsgruppe C/N-Dynamik

---

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

<sup>1</sup> BASF Aktiengesellschaft, Agrarzentrum Limburgerhof, E-APE/DT, Carl-Bosch-Str. 64, 7117 Limburgerhof

ermittelt). Die statistische Beschreibung der kumulativen Energieertrags-Entwicklung erfolgte mit der Gompertz-Funktion (3 Parameter, Sigma Plot. 8.0). Aus dieser Funktion wurde die 1. Ableitung zur Bestimmung der Energienutzungseffizienz (EUE) (Zaffaroni und Schneiter, 1989) gewonnen und in ihrer Dynamik dargestellt. Startzeitpunkt für den Vergleich zwischen annuellen und perennierenden Kulturarten war der Jahresbeginn 2001. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich alle Vegetationstypen mit den von ihnen akkumulierten Aufwuchsleistungen des Etablierungsjahres 2000 in der Vegetationsruhe. Das Ende des Vergleiches wurde am 17.01.2006 mit der Ernte der *Miscanthus*-Bestände festgelegt.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Den höchsten Energieertrag (Ganzpflanze) erzielten zum Ende des beobachteten Zeitraumes die gedüngte und ungedüngte Variante von *Miscanthus*, gefolgt von der gedüngten Triticale-Variante. Die beiden Baumarten unterschieden sich in ihrem Gesamtertragsniveau kaum von einander und erzielten einen höheren Energieertrag als die ungedüngte Variante von Triticale. In der Gruppe der perennierenden Vegetationstypen war zudem ein deutlicher Unterschied im Energieertrag zwischen *Miscanthus* und den Baumarten zu finden, wobei sich die beiden Düngungsvarianten bei *Miscanthus* zum Ende leicht unterschieden. Eine deutliche Differenzierung durch die Düngung war zum Ende des beobachteten Zeitraums 2005 auch bei Triticale zu verzeichnen. Im beobachteten Zeitraum erzielte die gedüngte Variante von *Miscanthus* die höchste EUE im dritten Jahr (2003), die Baumarten schon im zweiten Jahr nach der Etablierung. Die annuellen Kulturen zeigen erwartungsgemäß eine eigene Dynamik der EUE, da es sich um eine kumulative Betrachtung handelt.

Anhand der Daten kann geschlussfolgert werden, dass die Leistungsfähigkeit in der Reihenfolge Raps, schnellwachsende Bäume, Triticale, *Miscanthus* deutlich steigt und durch eine Stickstoffdüngung eine weitere Leistungssteigerung besonders bei den annuellen Kulturarten möglich ist. Darüber hinaus ergeben sich aus den Ergebnissen für die perennierenden Arten Hinweise zu optimalen Nutzungs- und Erntezeiträumen.

### **Literatur**

- Long S. P., Beale C. V. (2001): Resource Capture by *Miscanthus*. In: *Miscanthus for Energy and Fibre*. Edited by Jones M. B., Walsh M. James & James London, 10-20
- Maier J., Vetter R., Siegle V., Spliethoff H. (1998): Anbau von Energiepflanzen – Ganzpflanzengewinnung mit verschiedenen Beerntungsmethoden(ein- und mehrjährige Pflanzenarten) Schachholzverwertung. Abschlußbericht Forschungsvorhaben (Ord.-Nr.22-94.11), Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, Stuttgart
- Rathke G. W., Diepenbrock W. (2003): Biogene Energieträger - eine Übersicht. *Pflanzenbauwissenschaften*, 7 (1), 39-47
- Zaffaroni E., Schneiter A. A. (1989): Water use efficiency and light interception of semidwarf and standard-height flowers hybrids grown in different row arrangements. *Agronomy Journal* 81, 831-836

## **Biomasse- und Energiepotentiale von Produktionssystemen für ein- und mehrjährige Energiepflanzen**

Constanze Böhmel, Iris Lewandowski<sup>1</sup> & Wilhelm Claupein

### **Einleitung**

Zur Erreichung der durch EU-Richtlinien gesetzten Ziele zur Förderung von Biokraftstoffen müssten 4 bis 13 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche (je nach Ertragspotential und technologischer Möglichkeiten) in der EU-25 für die Produktion von Energiepflanzen zur Verfügung stehen. Aufgrund von zu erwartender Flächenknappheit und der Sicherstellung der Rohstoffversorgung in der EU, wird die Ausschöpfung des Ertragspotentials eines Standortes über geeignete Artenwahl und Ressourcenschonender Anbauverfahren zum entscheidenden Kriterium. Der direkte Vergleich an einem Standort soll in diesem Beitrag Aufschluss geben über das Ertragspotential wichtiger einjähriger und mehrjähriger Energiepflanzen mit unterschiedlichen Anbauintensitäten und Fruchtfolgen.

### **Material und Methode**

Auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim wurde ein Versuch zur Abschätzung und zum Vergleich des Trockenmasse- und Energieertragspotentials wichtiger Energiepflanzen angelegt. Der Versuch ist eine 2-faktorielle Spaltanlage mit den Faktoren N-Düngung und Anbausystem. Für die N-Düngung wurden 3 unterschiedliche Versorgungsstufen (N0 (keine N-Gabe), N1 (mittlere N-Gabe pro Art) und N2 (hohe N-Gabe pro Art)) gewählt. Faktor 2 besteht aus 6 Anbausystemen (S1 bis S6), dazu zählen die mehrjährigen Energiepflanzen Kurzumtriebsweide (S1), Miscanthus (S2) und Rutenhirse (S3), sowie die einjährige Energiepflanze Mais (S4) und zwei Fruchtfolgen (FF) mit unterschiedlicher Bearbeitungsintensität: S5 mit konventioneller Bodenbearbeitung (Pflug) und S6 mit Direktsaat, beide FF mit den Feldfrüchten Winterraps, Winterweizen und Wintertriticale. Der Versuch wurde im Jahr 2001 mit Winterraps als erstem Glied in den FF angelegt. Die mehrjährigen Energiepflanzen wurden im Mai 2002 gesetzt (Miscanthus und Weide), bzw. gesät (Rutenhirse). Der Energiemais wurde erstmals im April 2003 gesät. Die Erträge werden für den Zeitraum 2003 bis 2005 dargestellt.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Nach vier Ertragsjahren (bei Weide einjähriger Aufwuchs + dreijähriger Umtrieb) zeigte sich bei allen Kulturen ein steigender Biomasseertrag mit steigender N-Versorgung (Tab. 1). Eine Ausnahme stellt die Weide dar, die keine Reaktion auf die Stickstoffdüngung zeigte. Unter den Mehrjährigen zeigte Miscanthus mit über 220 dt TM ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> den höchsten Ertrag, während Mais ertragreichster Vertreter der einjährigen Energiepflanzen war. Die Mehrjährigen bauten über die vier Jahre ihr Ertragspotential erst auf. Sie lieferten kontinuierlich einen höheren Ertrag pro Jahr (nicht dargestellt). Nach 3 bis 4 Jahren ist das Vollertragsstadium erreicht und wird über einen Zeitraum von 10 bis 12 Jahren gehalten (Clifton-Brown et al., 2001, Christian et al., 2002). Das bedeutet, dass die mehrjährigen Energiepflanzen ihr Er-

---

Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart  
boehmel@uni-hohenheim.de

<sup>1</sup> Utrecht University, Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Department of Science, Technology and Society, Heidelberglaan 2, 3584 CS Utrecht, Niederlande

tragspotential an diesem Standort erreicht haben und unter direktem Vergleich mit den einjährigen Energiepflanzen, die jährlich ihr Ertragspotential zeigen, bewertet werden können.

**Tab. 1:** Trockenmasseerträge (TM) der Anbausysteme S1 bis S4 im Jahr 2005 und der Fruchtfolgen (Systeme S5 und S6) in den Jahren 2003 bis 2005

Erntejahr	Anbausystem	Art	Ertrag [dt TM ha <sup>-1</sup> ] (Gesamt bzw. Korn)			Ertrag [dt TM ha <sup>-1</sup> ] (Stroh)		
			N0	N1	N2	N0	N1	N2
2005	S1	Weide	* 148	* 140	* 152			
2005	S2	Miscanthus	178	210	226			
2005	S3	Rutenhirse	93	136	159			
2005	S4	Mais	114	164	192			
2003	S5	Weizen	48	62	70	42	70	70
2003	S6	Weizen	32	55	67	28	60	85
2004	S5	Triticale	37	74	103	21	50	74
2004	S6	Triticale	35	63	83	22	47	65
2005	S5	Raps	21	37	45	13	27	39
2005	S6	Raps	15	31	41	11	29	41

\* mittlerer jährlicher Aufwuchs im dreijährigen Umtrieb der Weide

Der Energieertrag wurde mittels der unteren Heizwerte berechnet (nicht dargestellt) und über die Energienutzungseffizienz (ENE) bewertet. Je höher die ENE, desto geringer ist der Energieaufwand pro GJ Nettoenergieertrag eines Anbausystems. Das bedeutet, dass die Kurzumtriebsweide am energie-effizientesten anzubauen ist, während die zwei FF in den Anbausystemen S5 und S6 den höchsten Input bei geringem Energieertrag zeigten. Das System der Direktsaat (S6) wies keine energetischen Vorteile gegenüber dem System mit konventioneller Bodenbearbeitung (S5) auf. Folgernd lässt sich sagen, dass Miscanthus an diesem Standort im vierten Ertragsjahr am ertragreichsten war, jedoch Kurzumtriebsweide die höchste Energieeffizienz zeigte. Die Erträge einjähriger Energiepflanzen wie Mais waren zwar geringer als die der Mehrjährigen wie Miscanthus, doch kann über Zuchtfortschritte des Mais oder nachlassender Triebkraft des Miscanthus das Verhältnis ausgeglichen werden.

**Tab. 2:** Energienutzungseffizienz (ENE) der Anbausysteme (S1 bis S6), dargestellt als Mittel über einen angenommenen Lebenszyklus von 16 Jahren

Art	Anbausystem	ENE (Verhältnis Energieertrag/ Energieaufwand) [GJ ha <sup>-1</sup> ]		
		N0	N1	N2
Weide	S1	100	78	72
Miscanthus	S2	36	32	29
Rutenhirse	S3	44	38	34
Mais	S4	44	28	20
Weizen + Triticale + Raps	S5	25	22	19
Weizen + Triticale + Raps	S6	24	22	19

## Literatur

- Christian, D.G., Riche, A.B., Yates, N.E., 2002. The yield and composition of switchgrass and coastal panic grass grown as a biofuel in Southern England. *Bioresource Technology* 83, 115-124.
- Clifton-Brown, J.C., Long, S.P., Jørgensen, U., 2001. *Miscanthus* Productivity. In: Jones, M.B., Walsh, M. (eds.). *Miscanthus – for Energy and Fibre*. James and James, London, 46-67.



## **Bedeutung des chemischen Pflanzenschutzes beim Anbau von Pflanzen zur Energienutzung**

Stephan Deike, Bernhard Pallutt<sup>1</sup> & Olaf Christen

### **Einleitung**

Nachwachsende Rohstoffe leisten einen zunehmenden Beitrag zur Energieversorgung in Deutschland. Am bedeutendsten sind bisher die Nutzung von Raps zur Biodiesel- und von Getreide zur Bioethanol-Produktion.

Auf dem Versuchsstandort Dahnsdorf (Fläming/Land Brandenburg) der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft wurde 1995 ein Dauerversuch angelegt, der zur Erarbeitung von Strategien für eine dauerhaft erfolgreiche und umweltverträgliche Anwendung von Pflanzenschutzmitteln beitragen soll. Hierbei werden situationsbezogen bemessene Aufwandmengen von Herbiziden und Fungiziden im Getreide bzw. von Herbiziden und Insektiziden in Winterraps im Vergleich zu dazu halbierten Aufwandmengen geprüft. Anhand dieser Versuchsanlage soll die Bedeutung des chemischen Pflanzenschutzes beim Anbau von Pflanzen zur Energienutzung im Hinblick auf den Ertrag und die Netto-Energiebindung untersucht werden.

### **Material und Methoden**

Der Standort Dahnsdorf weist eine mittlere Bodenwertzahl von 48 auf. Vorherrschend ist ein stark lehmiger Sand (SL), die Versuchsflächen sind jedoch von einer hohen Bodenheterogenität gekennzeichnet. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Jahr beträgt 526 mm, die mittlere Jahrestemperatur ist 8,5°C. Häufig tritt eine ausgeprägte Vorsommertrockenheit auf.

Die Fruchtfolge im betrachteten Versuchsteil „Marktf Fruchtbau“ lautet: Winterraps – Winterweizen<sup>1</sup> – Winterroggen – Erbsen – Winterweizen<sup>2</sup> – Wintergerste. Ferner sind Varianten mit situationsbezogenem Pflanzenschutzmitteleinsatz (100% HF), halbiertes Pflanzenschutzintensität (50% HF) und ohne chemischen Pflanzenschutz (UK) vorhanden. Die mineralische N-Düngung betrug ca. 120 kg N ha<sup>-1</sup> in Winterweizen und Winterraps und 100 kg N ha<sup>-1</sup> in Winterroggen und Wintergerste. Bei allen Fruchtarten verblieb das Stroh nach der Ernte auf dem Feld.

Die Berechnung der Energiebilanzen wurde mit Hilfe des Modells REPRO durchgeführt (Hülsbergen 2002). Erfasst wurden dabei der direkte Energieeinsatz (z.B. Kraft- und Schmierstoffe) sowie der indirekte Energieinput in das System (Energieaufwand zur Produktion von Maschinen, Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln). Dargestellt sind die durchschnittlichen Ergebnisse der Erntejahre 2002 bis 2005.

### **Ergebnisse und Diskussion**

In allen Fruchtarten wurden durch die situationsbezogene Anwendung von Pflanzenschutzmitteln grundsätzlich höhere Erträge erzielt (Tab.1). Die größten Mehrerträge waren bei Winterweizen und Wintergerste zu verzeichnen. Hierbei wurden Ertragszunahmen von ca. 50% durch die situationsbezogene Regulierung von Unkräutern und pilzlichen Schaderregern erzielt. Geringere Mehrerträge infolge der Pflanzenschutzmittelanwendung waren beim Winterroggen und Winterraps zu registrieren.

---

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

<sup>1</sup> Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für integrierten Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow

Beim Winterroggen waren zudem nur geringe Unterschiede zwischen situationsbezogener und halbierter Pflanzenschutzintensität festzustellen. Dies ist hauptsächlich mit der hohen Konkurrenzkraft dieser Fruchtart gegenüber Unkräutern zu begründen.

**Tab. 1:** Erträge (dt ha<sup>-1</sup>) von Wintergetreide und Winterraps in Abhängigkeit von der Pflanzenschutzmittelintensität, Mittel 2002-2005

Variante	Ertrag in dt ha <sup>-1</sup>				
	Winterweizen 1	Winterweizen 2	Winterroggen	Wintergerste	Winterraps
UK	51,2	48,3	61,3	45,3	31,4
100% HF	76,1	74,5	78,6	66,7	37,3
50% HF	71,9	69,9	77,8	61,5	33,8

Beim Anbau von Pflanzen zur Energienutzung wird eine möglichst hohe Netto-Energiebindung (Energie-Gewinn) angestrebt (Kuemmel et al. 1998). Am Standort Dahnsdorf wurde bei allen Getreidearten im Mittel ein höherer Netto-Energie-Output als beim Raps erzielt (Tab. 2). In allen Fruchtarten bewirkte die Ausschaltung Schaderreger bedingter Ertragsverluste eine deutliche Erhöhung des Energie-Gewinns. Die höchste Netto-Energiebindung war dabei jeweils bei situationsbezogener Dosierung der Pflanzenschutzmittel zu verzeichnen. Den höchsten Netto-Energie-Output erbrachte der Winterroggen. Dies ist vor allem mit der hohen Energiebindung im Erntegut infolge der hohen Naturalerträge bei gleichzeitig niedrigerem Energie-Input zu erklären. Letzteres ist primär eine Folge des verminderten N-Düngungsaufwandes. Mineralische N-Düngemittel bzw. deren Herstellung stellen in vielen Anbausystemen den größten Anteil am fossilen Energie-Input dar (Kuesters und Lammel 1999).

**Tab. 2:** Netto-Energiebindung (GJ ha<sup>-1</sup>) von Wintergetreide und Winterraps in Abhängigkeit von der Pflanzenschutzmittelintensität, Mittel 2002-2005

Variante	Netto-Energiebindung in GJ ha <sup>-1</sup>				
	Winterweizen 1	Winterweizen 2	Winterroggen	Wintergerste	Winterraps
UK	66,8	62,4	85,2	57,6	67,1
100% HF	104,8	103,7	111,5	90,5	81,0
50% HF	97,7	96,1	110,9	81,6	74,2

## Literatur

- Hülsbergen, K.-J. (2002): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker-Verlag, Aachen.
- Kuemmel, B., V. Langer, J. Magid, A. de Neergaard, J.R. Porter (1998): Energetic, economic and ecological balances of a combined food and energy system. *Biomass Bioenergy* 15, 407-416.
- Kuesters, J., J. Lammel (1999): Investigation of the energy efficiency of the production of winter wheat and sugar beat in Europe. *European Journal of Agronomy* 11, 35-43.

## Nutzung der Biomasse der Biomasse für Energiegewinnung aus dem (Szczeciner Raum)

Marek Bury, Henryk Czyż<sup>1</sup> & Teodor Kitzak<sup>1</sup>

### Einleitung

Die politischen Zielstellungen in der EU zielen auf eine deutliche Steigerung des Anteils regenerativer Energien am Primärenergieverbrauch. Dieser soll bis zum Jahre 2010 auf 8 % des Bruttoinlandsverbrauches steigen. In Polen haben erneuerbare Energien im Jahr 2003 erst einen Anteil von 1,0 % erreicht. Aus diesem Grund und als Produktionsalternative in der Agrarwirtschaft wird jetzt die Nutzung des Getreides, besonders Stroh und Rapses (Stroh und Samen) als Biomassequelle interessant. Auch der Anbau schnellwachsender Arten auf landwirtschaftlichen Flächen hat stark zugenommen. In dem Beitrag werden die Möglichkeiten der energetischen Nutzung der Biomasse aus der Landwirtschaft in der Voivodschaft Zachodniopomorskie vorgestellt und geschätzt.

### Material und Methoden

Anhand den statistischen Jahrbüchern von 1999 bis 2004 wurden die Anbaufläche und die jährliche Ernteerträge der Druschfrüchte gewonnen und aus dem Stroh-Korn Verhältnis Stroherträge errechnet und die Daten analysiert.

### Ergebnisse und Diskussion

Voivodschaft Zachodniopomorskie besitzt allgemein gute agro-ökologische Bedingungen zum Anbau von Feldfrüchte, was sich im Ertragsniveau widerspiegelt. Mittlere Erträge aus dem Gebiet betragen in letzten Jahren ca. 31 dt·ha<sup>-1</sup> Getreide, 205 dt·ha<sup>-1</sup> Kartoffeln, 417 dt·ha<sup>-1</sup> Zuckerrüben und 20,6 dt·ha<sup>-1</sup> Raps. (WUS 1999-2004)

Die Anbaufläche von Feldfrüchten in der Voivodschaft beträgt ca. 700 000 ha, darunter durchschnittliche Erntefläche den Druschfrüchten beträgt ca. 580 000 ha (Tab. 1). Die Ernteerträge der einzelnen Getreidearten und des Rapses sind in starkem Masse von Witterung und von produktionstechnischen Maßnahmen abhängig, z.B. von dem Düngungsniveau. Die Gesamterträge schwankten in den untersuchten Jahren von 1,30 Mio bis 1,75 Mio. Tonnen.

Ein Teil des Ackerlandes ist immer noch stillgelegt wegen politisch-ökonomischer Umwandlung, die nach dem Jahre 1992 stattgefunden hat. Es wird angegeben, dass ungefähr 100 bis 160 Tausend Hektar sind aus der Produktion ausgenommen. Das trifft besonders die Ackerfläche unter schwachen Standortbedingungen. Dazu kommt noch starker Rückgang der Tierbestände, besonders Rinder und Milchvieh. Diese Entwicklung widerspiegelt sich in der Produktion von Futtergetreide und Nutzung des Strohs. Stroh wird weniger in der Tierhaltung als Einstreu oder Futter verwendet, sondern in dem Ackerbau als organische Masse eingepflügt. Stroh ist aber ein wertvolles Abfallprodukt und eine gute Biomassequelle zur Energiegewinnung. Heizwert des Strohs hängt von Wassergehalt, Getreideart und Welkengrad ab und schwankt von 14,3 bis 17,3 MJ je Kg, was entspricht ca. 0,6 des Heizwertes der Steinkohle. Bei der Verbrennung entstehen wenige Mengen an Schwefeldioxid, Kohlendioxid und Stickstoffverbindungen in Vergleich zu Steinkohle. Asche (3-5%) ist reich an Kalium und andere Nährstoffe, was wieder als Düngung Verwendung findet.

Nach dem angegebenen Stroh-Korn-Verhältnis wurde die anfallende Strohmenge berechnet. Die durchschnittlichen Stroherträge betragen in Zeitraum von 1998 – 2003 2,4 Mio. T (Tab. 1)

---

Agraruniversität Szczecin, Fachlabor für Speziellen Pflanzenbau, [mbury@agro.ar.szczecin.pl](mailto:mbury@agro.ar.szczecin.pl)

<sup>1</sup> Agraruniversität Szczecin, Lehrstuhl für Grünland, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

und sie schwankten zwischen 2,0 und 2,7 Mio. Tonnen. Strohmenge, die als Biomassequelle zur Energiegewinnung in Frage kommt, wurde nach dem Bedarf der Landwirtschaft nach Stroh kalkuliert mit 70% und 50%. Bei der Schätzung kann man feststellen, dass zur energetischen Nutzung von ca. 1,0 Mio bis 1,4 Mio. Tonnen Getreide- und Rapsstroh zur Verfügung steht.

Diese Menge an Stroh kann noch beträchtlich gestiegen werden, wenn die brachliegenden Ackerflächen zur Produktion wieder einbezogen werden und die Hektarerträge der einzelnen Druschfrüchte in der Voivodschaft steigen werden.

Die berechnete Strohmenge kann von 0,59 bis 0,83 Mio. T Steinkohle ersetzen, was entspricht von 14,0 bis 19,6 PJ Energie.

**Tab. 1.** Anbaufläche, Erntereinerträge, Stroherträge der einzelnen Marktfrüchte und Strohmenngen als Biomasse für Energiegewinnung (Mittelwert von 1998-2003).

Fruchtart	Erntefläche (1000 ha)	Ernteertrag (1000 T)	Stroh /Korn Verhältnis	Strohertrag (1000 T)	Biomasse (1000 T)	
					30%	50%
Weizen	201,1	707,7	1,3	963,4	289,0	481,7
Roggen	105,0	265,9	1,6	425,5	127,7	212,8
Gerste	86,7	251,7	1,2	302,1	90,6	151,0
Hafer	34,6	85,9	1,3	111,7	33,5	55,8
Triticale	38,1	118,1	1,4	165,3	49,6	82,6
Getreide- gemenge	33,6	88,1	1,4	123,4	37,0	61,7
Körnermais	4,0	20,8	2,0	41,6	41,6	41,6
Buchweizen u. Hirse	1,9	1,9	2,0	3,8	3,8	3,8
Raps	75,1	154,6	2,0	309,3	309,3	309,3
Gesamt	580,1	1694,7		2446,1	982,1	1400,3

### Schlussfolgerungen

Voivodschaft Zachodniopomorskie besitzt allgemein gute agro-ökologische Bedingungen zum Anbau von Druschfrüchte. Ein Teil des bei der Produktion anfallenden Strohs kann als Biomassequelle dienen. Für die energetische Nutzung kann man zur Zeit mit ca. 1,0 bis 1,4 Mio. Tonnen Getreide- und Rapsstroh rechnen, was 14,0 bis 19,6 PJ Energie entspricht.

### Literatur

Czyż H. und B. Dawidowski 2004: Charakterystyka i wykorzystanie biomasy z upraw polowych, jako źródła energii odnawialnej. W: P. Lewandowski (red.): Rozwój energii odnawialnej na Pomorzu Zachodnim. Wyd. Hogben, Koszalin: 241-254.

Dawidowski B. und R. Nowowiejski 1997: Proekologiczna gospodarka rolna – Ekologiczne i ekonomiczne aspekty pozyskiwania energii z niekonwencjonalnych źródeł na przykładzie słomy. W: M. Malicki (red.) Surowce odnawialne= Nachwachsende Rohstoffe. Gifhorn-Szczecin.:103-114.

WUS. Roczniki statystyczne Wojewódzkiego Urzędu Statystycznego w Szczecinie. 1999-2004.

## **Anbau und Nutzungspotenzial für *Jatropha***

Sabine Gruber & Wilhelm Claupein

### **Einleitung**

Purgierruss bzw. *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) ist eine sukkulente Pflanze aus der Familie der Euphorbiaceen mit strauchigem bis baumartigen Wuchs. Ausgehend vom Ursprungsgebiet Mittelamerika hat *Jatropha* in den Tropen und Subtropen weltweit mit verschiedenen Nutzungsrichtungen Verbreitung gefunden und ist besonders auf marginalen Standorten vertreten (Heller, 2004). Traditionell besteht vor allem eine stoffliche Nutzung des Milchsafts in der Heilkunde, des Samenöls in der Seifenherstellung und der gesamten Pflanze als Einzäunung oder zur Bodenstabilisierung. Das Öl mit toxischen Komponenten aus dem Samen kann darüber hinaus über die Gewinnung von ‚Biodiesel‘ energetisch genutzt werden. Die Studie soll zunächst Aufschluss darüber geben, unter welchen Bedingungen sich *Jatropha* unter hiesigen Bedingungen im Gewächshaus kultivieren lässt. Dafür sollten Faktoren herausgearbeitet werden, die für die Kultivierung einer neuartigen Pflanze relevant sind und die bei ähnlichen Versuchsansätzen methodisch zu berücksichtigen sind. Aufbauend auf den Erfahrungen dieser ersten Phase lassen sich gezielte Untersuchungen zu weiterführenden Fragestellungen, z.B. Bewurzelungsvermögen, Nährstoffaufnahme oder die Gewinnung von Material für Gewebekulturen anschließen. Kooperationsprojekte mit Partnern aus dem tropischen/subtropischen Raum, wie sie bereits jetzt existieren, können auf dieser Basis geeignet unterstützt werden.

### **Material und Methoden**

Am Institut für Pflanzenbau und Grünland der Universität Hohenheim wurde im Jahr im Jahr 2005 rund 300 Samen von *Jatropha curcas* L. ausgesät. Die Samen stammten aus Wildsammlungen oder waren Kulturmaterial verschiedener Regionen Asiens, Afrikas und Mittelamerikas. Das Alter des Saatguts lag zwischen wenigen Monaten und 10 Jahren. Von jeder Herkunft wurden fünf Samen ausgesät und als Gruppe räumlich zusammengefasst im Gewächshaus angebaut. Die zu optimierenden Faktoren während der Kultivierung waren Saatzeit, Saatverfahren, Standraum Pflanzsubstrat, Wasserversorgung, Licht- und Temperatursprüche, Nährstoffversorgung und Befall mit Krankheiten und Schädlingen. Das Pflanzenwachstum wurde während des bisher einjährigen Anbauzeitraums beobachtet und bonitiert. Bei unerwünschten Auffälligkeiten der Pflanzen wurden die Pflegemaßnahmen angepasst. Zusätzlich wurden sechs Pflanzen aus Vorversuchen aus dem Aussaatjahr 2004 in die Beobachtungen einbezogen.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Ergebnisse der Studie sind in einem ersten Ansatz in einem modellhaften Prüfrahmen anhand der Kultivierung von *Jatropha* zusammengestellt (Tab. 1). Insgesamt zeigten die Pflanzen auch innerhalb derselben Herkunft teilweise eine deutliche Variabilität im Habitus, ein Anzeichen für das Potenzial zukünftiger züchterische Bearbeitung von *Jatropha*.

**Tab.1:** Beobachtungen und Maßnahmen während der Anzucht von *Jatropha curcas* L. im Gewächshaus, in den Jahren 2005 und 2006

	Geprüft/beobachtet	Ergebnis/Empfehlung
Aussaat-methode	Vorkeimen oder Direktsaat	Verletzungen/ unvollständige Keimung in Petrischalen; daher Aussaat in Töpfen, ca. 4 cm tief
Saatzeit	10.6.2004 (Vorversuch) 10.8. und 22.9. 2005	Früher als August, sonst auch mit Licht- und Temperaturführung unterwickelte Pflanzen
Standraum	Wuchshöhe 10 cm (1. Jahr), 50 cm (2. Jahr)	Aussaat in 8 x 8 cm Kunststofföpfen, nach 6-9 Monaten Umtopfen auf 13 x 13 cm
Nährstoffe	Blattverfärbungen Nährstoffmangel (NPK,Mg)	Bodenuntersuchung, vorsichtige Düngung N, P, K, Mg, da Nährstoffansprüche wenig bekannt
Über-winterung	Laubabwurf ab Oktober, Austrieb ab April	Laubabwurf auch aus phytosanitären Gründen zulassen bzw. fördern
Krankheiten, Schädlinge	Spinnmilben, Trauermücke	Wasserregime (Topf austrocknen lassen), Spritzung mit Rapsöl (Naturen <sup>®</sup> )
Substrat	Ackererde (L), Lavagrug, Liadrain, Sand, später Torf	Etwas org. Material, sonst Verschlämmung; Liadrain <sup>®</sup> : kontinuierliche Wasserabgabe möglich

Bei einer Anzucht aus Samen ist zu prüfen, ob keimungshemmende Faktoren (z.B. Dormanz, unerfüllte Licht- und Temperaturansprüche) vorliegen, die durch eine gezielte Behandlung abgebaut werden können. *Jatropha* keimte in Dunkelheit und bei Temperaturen von ca. 20° C. Saatgutpartien nach 10 jähriger Lagerung waren dabei teilweise noch keimfähig. Da *Jatropha* eine Pflanze marginaler, trockener Standorte ist, wurde zunächst eine rein mineralische Substratmischung gewählt, die keine Staunässe zuließ; zur Verbesserung der Bodenstruktur erwies sich ein Zusatz von Torf später als notwendig. Zum Winter erfolgte trotz 14 h Licht und 20° C Temperatur ein Laubabwurf, der aus phytosanitären Gründen (Befall mit Spinnmilben) durchaus gefördert werden sollte. Die Wuchshöhe betrug im ersten Anbaujahr ca. 10 cm, im zweiten Jahr ca. 50 cm, bei einem Radius von ca. 30 cm. Im ersten Anbaujahr traten keine Verzweigungen auf; eine einzelne, zweijährige Pflanze bildete männliche Blüten. Als Forschungspotenzial für projektbegleitende Gewächshausversuche können folgende Ziele beschrieben werden: Uniformität der Genotypen (ggf. vegetative Vermehrung); Förderung der Blüteninduktion; Frühreife; Produktion weiblicher Blüten und Samen; Bestimmung der Nährstoffansprüche; Klassifizierung und Selektion von Ökotypen.

Im extensiven Anbau weltweit gilt *Jatropha* als „Allround-Talent“ und findet daher in Regionen mit schwacher ökonomischer Ausgangslage sinnvollen Einsatz. Eine gezielte Förderung bestimmter Merkmale gemäß der jeweiligen pflanzenbaulichen und nutzungsorientierten Anforderungen durch züchterische Bearbeitung und auch durch die (Fort-)Entwicklung von Anbausystemen mit gezielter Integration von *Jatropha* (z.B. Mischkulturen, Konturpflanzungen) stellen den nächsten Schritt in der Nutzung von *Jatropha* dar.

### Literatur

Heller, J., 1996. *Physic nut. (Jatropha curcas L.) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.* Institute of Plant Genetics and Crop Plants Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute Rome. [www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/161.pdf](http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/161.pdf), visited 7/2004

## Charakterisierung von Silomaisgenotypen anhand futterwertbestimmender Parameter und deren Modellierung

Sandra Kruse

### Einleitung

Die Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes von Silomais ist erforderlich, um das genetische Potential von Maissorten ausschöpfen und höchstmögliche Futterqualität erreichen zu können. Neben der Entwicklung eines bundeseinheitlichen Prognosemodells (MAISPROG) zur Vorhersage des optimalen Erntetermins wurde im Projekt der 'Regionalen Erntezeitprognose von Silomais' die Möglichkeit eröffnet, eine erweiterte Reifebeschreibung von Maisgenotypen anhand futterwertbestimmender Parameter vorzunehmen (Herrmann *et al.*, 2005).

Der Futterwert von Silomais wird zum einen durch die Ertragsanteile der einzelnen Pflanzenfraktionen (Kolben, Restpflanze), zum anderen durch ihre chemische Zusammensetzung bestimmt. Die Abreife von Maispflanzen ist nach der Blüte durch die Translokation von v.a. wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLK) in die Körner charakterisiert. Die dort stattfindende Stärkeakkumulation überlagert in Verbindung mit dem steigenden Kolbenanteil die parallel zur Remobilisierung auftretende Zunahme der Gerüstsubstanzgehalte (Neutral Detergent Fibre (NDF), Acid Detergent Fibre (ADF)) in der Restpflanze, sodass in der Gesamtpflanze neben zunehmenden Stärkegehalten sinkende Gehalte an WLK und Zellwandbestandteilen festgestellt werden können (Kruse *et al.*, 2004, 2006). Diese systematischen Veränderungen während der Abreife werden durch den Genotyp aber auch durch Umweltbedingungen direkt oder indirekt beeinflusst (Wilson *et al.*, 1995). Modelle, die auf der engen Beziehung zwischen vorherrschenden Witterungsbedingungen und phänologischer Entwicklung beruhen, stellen ein effizientes Instrument dar, die umweltbedingte Variation von Qualitätsparametern im Vegetationsverlauf zu beschreiben.

Ziel der hier vorgestellten Untersuchung ist es daher, (i) die genotypbedingten Gehaltsveränderungen futterwertbestimmender Parameter (NDF, ADF und WLK) in der Gesamtpflanze verschiedener Silomaisgenotypen im Vegetationsverlauf zu charakterisieren und (ii) zu überprüfen, ob witterungsbedingte Effekte mit Hilfe der Modelle FOPROQ (FOrage PROduction Quality, Kornher *et al.*, 1991) und FONSCH (FOrage NonStructural CarboHydrates, Wulfes *et al.*, 1999), die ursprünglich für Futtergräser entwickelt wurden, quantifiziert werden können.

### Material und Methoden

Datengrundlage der Untersuchungen ist ein dreijähriger (2001-03) Feldversuch, der auf dem Versuchsgut 'Hohenschulen' der Universität Kiel durchgeführt wurde. Geprüft wurden 8 Silomaissorten, die hinsichtlich Reifegruppe (früh, mittelfrüh, mittelspät), Abreifeverhalten ('stay green', normal, 'dry down') und zu erwartender Inhaltsstoffzusammensetzung das Sortenspektrum von Silomais repräsentieren. Je 10 Pflanzen wurden an 6 Terminen (1 vor, 5 nach der Blüte) innerhalb der Vegetationsperiode beprobt, in Kolben und Restpflanze fraktioniert, gehäckselt und zur Qualitätsbestimmung gefriergetrocknet. Mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) wurden die Gehalte an WLK, NDF und ADF bestimmt, wobei die NIRS-Kalibration und -Validation auf einer modifizierten Anthron-Methode bzw. auf der Analyse der

pflanzlichen Zellwandbestandteile nach Goering und van Soest (1970, zit. in Naumann und Bassler, 1976) beruhen. Die Gesamtpflanzengehalte resultieren aus den Anteilen von Kolben und Restpflanze und ihren entsprechenden Gehalten. Mit der Prozedur „mixed model“ des Programmpaketes SAS 8.2 (SAS Inst. Inc.) wurde eine Varianzanalyse durchgeführt, wobei für „repeated measurements“ eine heterogene, autoregressive Kovarianzstruktur angenommen wurde. Paarweise Mittelwertvergleiche erfolgten mittels t-test und anschließender Bonferroni-Holm Korrektur.

Mit den Modellen FOPROQ und FONSCH wurden die NDF- bzw. ADF- und WLK-Gehalte der Gesamtpflanze nach der Blüte bzw. über die gesamte Vegetationsperiode simuliert. Die Modelle berücksichtigen den Einfluss von Witterungsbedingungen, wie z.B. Tagesdurchschnittstemperatur, Globalstrahlung und pflanzenverfügbares Bodenwasser auf Ertrags- und Qualitätsparameter. Über geeignete Funktionen werden die Umweltfaktoren in entsprechende Veränderungsraten konvertiert, aufsummiert und zu dem betreffenden Kriterium in Beziehung gesetzt. Eine Optimierungsroutine erlaubt die Minimierung der Abweichung zwischen den gemessenen und simulierten Daten auf Basis der Summe der kleinsten Quadrate. Zur genaueren Modellbeschreibung siehe Herrmann *et al.* (2005). Die Kalibrierung der Modellparameter wurde sortenspezifisch vorgenommen, wobei im Folgenden jedoch ausschließlich die Simulationen der Sorte Oldham (frühe Reifegruppe, normalabreifend) und Fuego (mittelfrühe Reifegruppe, stay green) dargestellt werden.

### Ergebnisse und Diskussion

Die varianzanalytische Auswertung der Gesamtpflanzengehalte belegt einen signifikanten Einfluss des Faktors 'Jahr' sowohl auf die Gerüstsubstanz- als auch auf die WLK-Gehalte als Haupteffekt und in Wechselwirkung (Tab.1). Die Wechselwirkung 'Sorte innerhalb Reifegruppe x Termin' erweist sich zwar als signifikant, jedoch lassen sich keine Sortenunterschiede innerhalb der Reifegruppen zu ernterelevanten Terminen absichern, sodass stattdessen die gesicherte Interaktion 'Reifegruppe x Termin' dargestellt wird (Abb.1).

**Tab.1.** Ergebnis der Varianzanalyse. Einfluss von Jahr, Reifegruppe, Sorte (innerhalb Reifegruppe) und Termin auf die NDF-, ADF- und WLK- Gehalte der Gesamtpflanze.

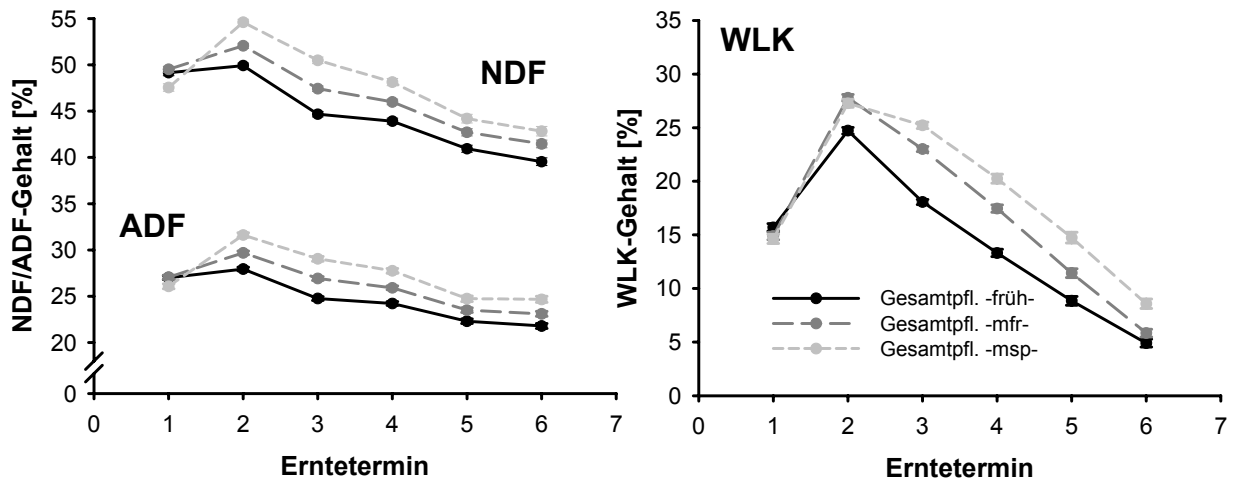
Effect	Num DF	F Value			Pr>F		
	#	NDF	ADF	WLK	NDF	ADF	WLK
jahr	2	84.51	93.42	21.12	<.0001	<.0001	<.0001
reife	2	108.11	166.64	136.76	<.0001	<.0001	<.0001
sorte(reife)	5	7.86	7.42	16.68	<.0001	<.0001	<.0001
termin	5	377.15	367.10	1204.04	<.0001	<.0001	<.0001
block	1	0.69	0.82	7.03	0.4099	0.3690	0.0113
reife*termin	10	18.92	25.39	22.94	<.0001	<.0001	<.0001
sorte(reife)*termin	25	1.90	2.67	2.69	0.0356	0.0034	0.0017
jahr*reife	4	6.74	6.86	3.01	0.0003	0.0002	0.0281
jahr*sorte(reife)	10	1.27	1.24	1.64	0.2800	0.2955	0.1283
jahr*termin	10	30.69	30.07	48.63	<.0001	<.0001	<.0001
jahr*termin*reife	20	3.04	4.37	4.39	0.0015	<.0001	<.0001
jahr*termin*sorte(reife)	50	0.96	1.35	1.39	0.5546	0.1713	0.1269

# identisch für NDF, ADF und WLK

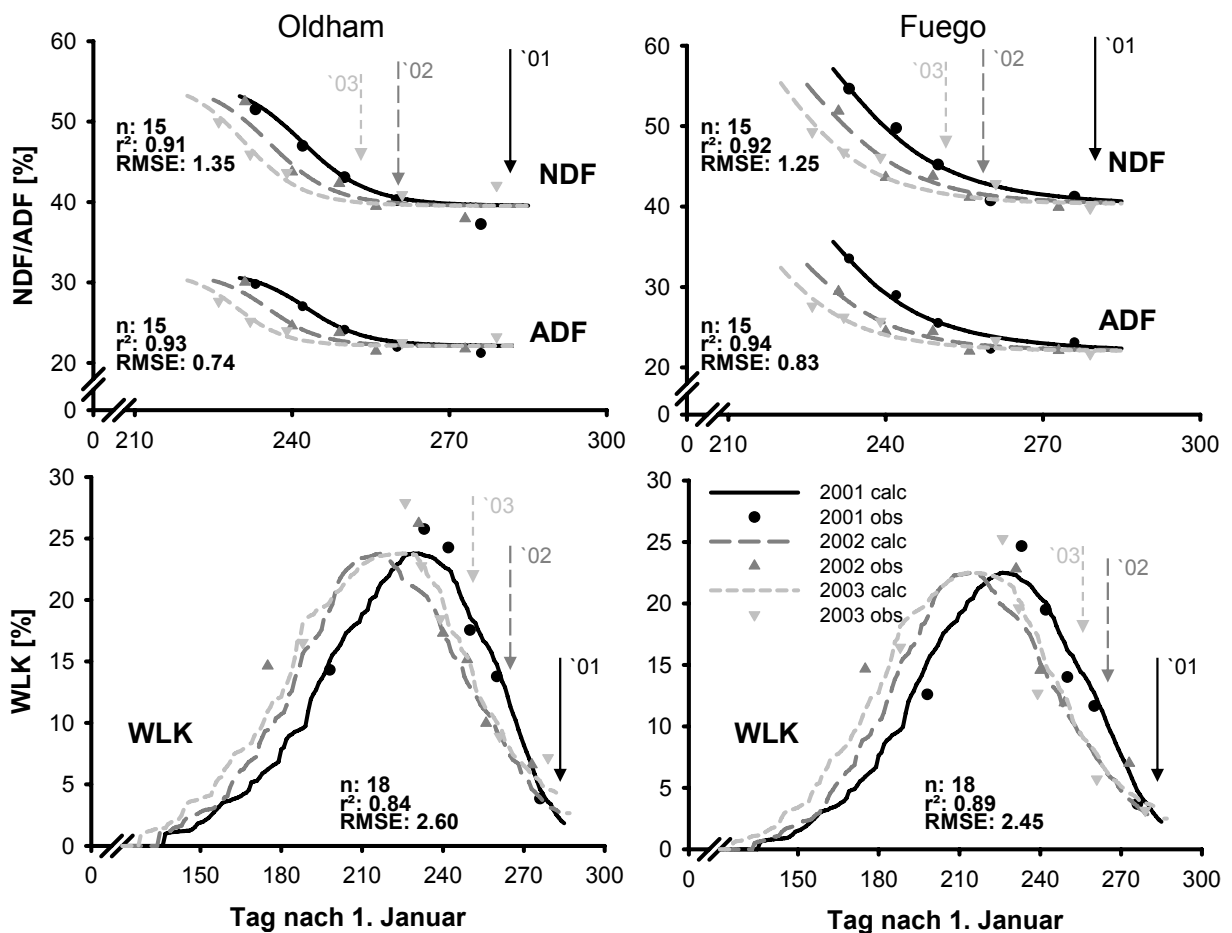
Je früher die Stärkeakkumulation in den Kolben stattfindet, d.h. je früher die Blüte erfolgt, desto eher sinken die NDF-, ADF- und WLK-Gehalte in der Gesamtpflanze ab. Die frühe Reifegruppe weist dementsprechend nach der Blüte signifikant niedrigere Gehalte an Gerüstsubstanzen bzw. WLK auf. Zum Ende der Vegetationsperiode



de variieren die NDF-Gehalte der Reifegruppen zwischen 39.5 und 42.8%, die ADF-Gehalte zwischen 21.8 und 24.7% und die WLK-Gehalte zwischen 4.9 und 8.6%.



**Abb.1.** NDF-, ADF- und WLK- Gehalte (Gesamtpflanze) der frühen, mittelfrühen (mfr) und mittelspäten (msp) Reifegruppe im Mittel über drei Jahre.



**Abb.2.** Simulierte (Linien) und gemessene (Symbole) Gehalte an NDF bzw. ADF und WLK in der Gesamtpflanze der Sorten Oldham und Fuego (2001-2003). Pfeile symbolisieren Siloreife (~32% TM in der Gesamtpflanze).

Die Modellberechnungen demonstrieren eindrücklich den Einfluss der Jahreswitterung auf die Qualitätsentwicklung von Silomais. So führen niedrige Temperaturen in der Vegetationsperiode des Jahres 2001 (Abb. 2) zu einer deutlich verzögerten Abreife und die Siloreife (~32% Gesamtpflanzen-TS) wird ca. 30 Tage später erreicht als im Jahr 2003.

Der Vergleich der gemessenen und simulierten Werte zeigt für die Zellwandbestandteile eine gute Modellanpassung mit Bestimmtheitsmaßen ( $r^2$ ) von 0.91-0.94 und Fehlern (RMSE) von 0.74-1.35. Leichte Abweichungen sind für den NDF-Gehalt der Sorte Oldham zum Ende der Vegetationsperiode festzustellen. Zur Siloreife variieren die berechneten Gerüstsubstanz-Gehalte zwischen den beiden Sorten um maximal 1.7% NDF und 0.6% ADF (in 2002), wohingegen die Jahreseffekte mit 3.0% NDF und 1.1% ADF für Oldham bzw. 2.8% NDF und 1.5% ADF für Fuego deutlich stärker ausgeprägt sind. Die Modellberechnung der WLK-Gehalte zeigt größere Abweichungen vor der Blüte, bzw. bei Schätzung der Maximalgehalte (Fuego, 2002 +5.7%), jedoch wird der allgemeine Verlauf und die Abnahme der WLK-Gehalte im ernterelevanten Bereich zufrieden stellend wiedergespiegelt ( $r^2= 0.84, 0.89$ ; RMSE= 2.45, 2.60). Unterschiede zwischen den Sorten belaufen sich zur Siloreife auf maximal 3.4% (2003), zwischen den Jahren hingegen variieren die Gehalte beider Sorten zwischen 5% und 15%. Dieses deutet auf eine im Vergleich zu den Gerüstsubstanzen deutlich höhere Umweltsensitivität hin.

**Fazit:** Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass im geprüften Sortiment die genotypbedingte Variation der untersuchten Qualitätsparameter eher als marginal im Vergleich zum Einfluss der Witterung zu bewerten ist. Insbesondere die WLK-Gehalte wurden in starkem Ausmaß durch die Umweltbedingungen determiniert. Die Jahreseffekte konnten mit zufrieden stellender Genauigkeit durch die Modelle FOPROQ bzw. FONSCH abgebildet werden. Die Arbeiten dokumentieren somit die generelle Eignung der Modelle für die Simulation der Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Futterpflanzen.

### Danksagung

Das Forschungsvorhaben (AiF-Nr.13330 N) wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) gefördert.

### Literatur

- Herrmann, A., Kornher, A., Taube, F. 2005. A new harvest time prognosis for forage maize production in Germany. *Agricultural and Forest Meteorology* 130, 95-111.
- Kornher, A., Nyman, P., Taube, F. 1991. Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. *Das Wirtschaftseigene Futter* 37, 232-248.
- Naumann, C., R. Bassler, 1976: Methodenbuch Bd.III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. Verlag Neumann, Melsungen, Berlin, Basel und Wien.
- Kruse, S., Herrmann, A., Kornher, A., Taube, F. 2004. Modelling of water-soluble carbohydrates in forage maize. *Grassland Science in Europe* 9, 963-965.
- Kruse, S., Herrmann, A., Kornher, A., Taube, F. 2006. Modelling of fibre fractions in forage maize. *Grassland Science in Europe* 11, 565-567
- Wilson, D.R., Muchow, R.C., Murgatroyd, C.J. 1995: Model analysis of temperature and solar radiation limitations to maize potential productivity in a cool climate. *Field Crops Research*, 43, 1-18.
- Wulfes, R., Nyman, P., Kornher, A. 1999. Modelling non-structural carbohydrates in forage grasses with weather data. *Agricultural Systems* 61, 1-16.

## Mögliche Ursachen für die Beeinträchtigung der N<sub>2</sub>-Fixierung von Leguminosen bei S-Mangel

Svea Pacyna

### Einleitung

Weltweit wird in den letzten Jahren Schwefel-(S)-Mangel immer häufiger bei verschiedenen Kulturpflanzen beobachtet. Betroffen hiervon sind auch Leguminosen, die wegen ihrer Fähigkeit zur symbiontischen N<sub>2</sub>-Fixierung sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gründen in der Landwirtschaft eine wichtige Rolle spielen. Hohe N<sub>2</sub>-Fixierungsleistungen und gleichzeitig hohe Erträge setzen allerdings optimale Wachstumsbedingungen voraus, zu denen unter anderem eine optimale Nährstoffversorgung gehört. Gerade bei Leguminosen muss dabei der S-Versorgung aus zwei verschiedenen Gründen besondere Beachtung geschenkt werden. Zum einen beeinflusst S bei Körnerleguminosen die Eiweißqualität (Eppendorfer & Eggum, 1995) und zum anderen gibt es Hinweise, dass der S-Versorgungszustand der Wirtspflanze einen Einfluss auf die N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung durch die Bakterien und somit auch auf die Ertragsleistung ausübt. So konnte in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen werden, dass eine nicht ausreichende S-Versorgung bei Leguminosen zu einer reduzierten N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung und hieraus resultierend zu Mindererträgen führt (Lange, 1998; Sexton et al., 1998).

Zur kausalen Klärung der Frage der Bedeutung des Schwefels für die N<sub>2</sub>-Fixierung wurden neben der Ertragsentwicklung, Untersuchungen zum Kohlenhydrat- bzw. Energiestoffwechsel in Spross, Wurzel und Knöllchen sowie zum Ferredoxin- bzw. Leghämoglobingehalt in Knöllchen von Leguminosen bei differenzierter S-Versorgung durchgeführt.

### Material und Methoden

Die in diesem Beitrag vorgestellten Untersuchungen wurden an der Versuchspflanze Erbse (*Pisum sativum*, L.) durchgeführt, welche vor der Aussaat mit *Rhizobium leguminosarum biovar: viciae* (Stämme 479 und 490) beimpft wurde. Die Anzucht der Versuchspflanzen erfolgte in Kick-Brauckmann-Gefäßen. Das verwendete Substrat war Perlite (1-3 mm Körnung). Die nährstofffreie Zusammensetzung dieses Substrates erlaubte es, die auszubringende S-Menge (0 bzw. 20 mg S pro Gefäß bei der „S-Mangel-Variante“ und 200 mg S pro Gefäß bei der „Kontrollvariante“) exakt zu dosieren. Die Düngung aller Varianten erfolgte zu Beginn der Versuche mit Nährlösung über einen Zeitraum von ca. 4 Wochen. Nach Abschluss der Düngung standen den Erbsen pro Gefäß 1660 mg K, 654 mg P, 100 mg N (als Startdüngung), 500 mg Mg, 172 mg Na, 600 mg Ca, 100 mg Fe, 20 mg Cu, 20 mg Mn, 20 mg Zn, 5 mg Mo, 5 mg Co und 5 mg B zur Verfügung. Die Bewässerung erfolgte mit deionisiertem Wasser, wobei die täglich mehrmals eingestellte und gravimetrisch kontrollierte Wasserkapazität während der Versuchszeit bei 100 % der maximalen Wasserkapazität lag. Die Probenahme wurde frühestens 6 Wochen nach Aussaat durchgeführt und danach in wöchentlichen Zeitabständen fortgesetzt.

Folgende wurden Parameter ermittelt:

- Trockenmasse von Spross und Wurzel bzw. Frischmasse von Knöllchen

- N- und S-Gehalte in Spross, Wurzel und Knöllchen
- Saccharose- und D-Glucose-Gehalte in Spross, Wurzel und Knöllchen
- ATP-, ADP- und AMP-Gehalte in Spross, Wurzel und Bakteroiden bzw. Mitochondrien der Knöllchen
- Ferredoxin-Gehalte in Bakteroiden der Knöllchen
- Leghämoglobin-Gehalte in Knöllchen
- Anzahl der mRNA-Transkripte des Gens PsLb5-10

Die Analyse der einzelnen Parameter erfolgte anhand folgender Nachweismethoden:

- enzymatischer UV-Test (Sacharose- bzw. D-Glucose-Gehalt)
- Biolumineszenz (Adeninnukleotid-Gehalt)
- Gel-Elektrophorese, Western-Blot und ELISA (Ferredoxin-Gehalt)
- Cyanmethämoglobin-Methode (Leghämoglobin-Gehalt)
- Realtime-PCR (mRNA-Transkripte des Gens PsLb5-10)

### Ergebnisse und Diskussion

Erste S-Mangelsymptome der Erbse wie eine hellgrüne bis gelbe Färbung der Blätter aufgrund eines reduzierten Chlorophyll-Gehalts in den Blättern sowie ein reduzierter Spross-Aufwuchs waren bereits 6 Wochen nach Aussaat deutlich zu erkennen. Diese spiegelten sich ebenso in den signifikant höheren Spross-Trockenmasseerträgen und Knöllchen-Frischmasseerträgen der Kontrollvariante im Vergleich zur S-Mangelvariante wider (Tab. 1). Nur die Wurzeltrockenmasseerträge wiesen in diesem frühen Zeitraum noch keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Varianten auf.

**Tab. 1:** Einfluss differenzierter S-Düngung auf die Entwicklung der Trockenmasseerträge des Sprosses und der Wurzeln sowie der Frischmasseerträge der Knöllchen der Erbse (g Gefäß<sup>-1</sup>). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Tukey-Test,  $p \leq 0,05$ ).

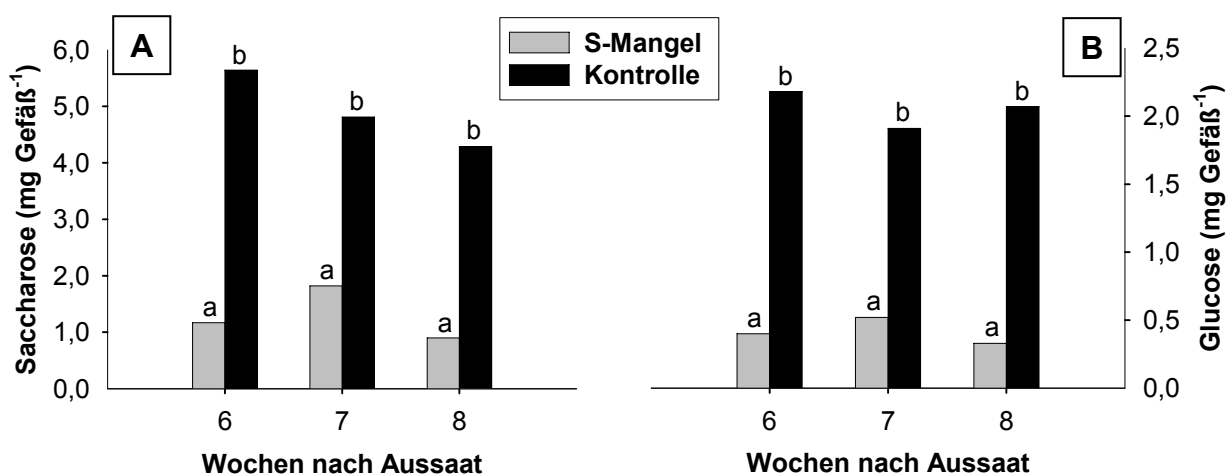
Pflanzenorgan	Variante	Wochen nach Aussaat		
		6	7	8
Spross TM	S-Mangel	3,6 <sup>a</sup>	8,1 <sup>a</sup>	9,1 <sup>a</sup>
	Kontrolle	8,8 <sup>b</sup>	12,3 <sup>b</sup>	11,5 <sup>a</sup>
Wurzel TM	S-Mangel	1,7 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>
	Kontrolle	1,9 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>
Knöllchen FM	S-Mangel	0,5 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>
	Kontrolle	2,9 <sup>b</sup>	2,9 <sup>b</sup>	3,0 <sup>b</sup>

Die differenzierte S-Düngung führte bereits 6 Wochen nach Aussaat zu signifikant höheren S-Gehalten in Spross, Wurzel und Knöllchen der Kontrollvariante (Tab. 2). Die deutlich höheren S-Gehalte in den Knöllchen im Vergleich zu Spross und Wurzeln sind indessen als Indiz für einen verstärkten S-Bedarf der Knöllchen anzusehen. Bis auf die erste Wurzelprobe 6 Wochen nach Aussaat waren die N-Gehalte in Spross, Wurzel und Knöllchen der Kontrollvariante ebenfalls signifikant höher als in den Erbsen der S-Mangelvariante (Tab. 2). Diese Unterschiede sind nur mit einer reduzierten N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung der mit S unterversorgten Erbsen zu erklären. Zhao et al. (1999) konnte ebenfalls unter S-Mangel-Bedingungen an Erbsen einen verringerten Aufwuchs sowie reduzierte N- und S-Gehalte beobachten.

**Tab. 2:** Einfluss differenzierter S-Düngung auf die Entwicklung der N- und S-Gehalte ( $\text{mg g}^{-1}$  TM) in Spross, Wurzel und Knöllchen der Erbse. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Tukey-Test,  $p \leq 0,05$ ).

Pflanzenorgan	Variante	Wochen nach Aussaat					
		S-Gehalt			N-Gehalt		
		6	7	8	6	7	8
Spross	S-Mangel	0,6 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>	22,1 <sup>a</sup>	18,5 <sup>a</sup>	19,0 <sup>a</sup>
	Kontrolle	1,7 <sup>b</sup>	1,5 <sup>b</sup>	1,4 <sup>b</sup>	31,0 <sup>b</sup>	29,5 <sup>b</sup>	28,9 <sup>b</sup>
Wurzel	S-Mangel	0,7 <sup>a</sup>	0,4 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	21,4 <sup>a</sup>	18,2 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>
	Kontrolle	3,5 <sup>b</sup>	2,7 <sup>b</sup>	2,0 <sup>b</sup>	21,1 <sup>a</sup>	22,2 <sup>b</sup>	19,6 <sup>b</sup>
Knöllchen	S-Mangel	2,5 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	53,4 <sup>a</sup>	54,1 <sup>a</sup>	39,2 <sup>a</sup>
	Kontrolle	5,9 <sup>b</sup>	4,5 <sup>b</sup>	3,7 <sup>b</sup>	65,4 <sup>b</sup>	59,3 <sup>b</sup>	53,9 <sup>b</sup>

Vor dem Hintergrund des akuten S-Mangels der hier untersuchten Erbsen wies der Spross zwar nur tendenziell reduzierte Saccharose- dafür aber signifikant verringerte Glucose-Mengen im Vergleich zur Kontrollvariante auf. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die im Blatt assimilierten Kohlenhydrate in Form von Saccharose direkt zu den energie-verbrauchenden Organen wie den Knöllchen abtransportiert werden, zeigten sich folglich deutliche Unterschiede in den Kohlenhydrat-Mengen der Knöllchen. Eine S-Unterversorgung führte dort zu signifikant geringeren Saccharose- (Abb. 1A) und Glucose-Mengen (Abb. 1B). Die unerwartet höheren Saccharose-Mengen in den mit S unterversorgten Wurzeln (nicht dargestellt) sind jedoch nur mit einem deutlich höheren Verbrauch der Saccharose in den weitaus aktiveren Knöllchen der Kontrollvariante zu erklären, die im Gegensatz zu den Knöllchen unter S-Mangel einen höheren Substratumsatz und „sink“ aufweisen (VANCE & HEICHEL, 1991). Als direkte Folge des S-Mangels bzw. der Unterversorgung der Knöllchen mit Kohlenhydraten waren die ATP-Gehalte in den Bakteroiden der Erbsenknöllchen ähnlich der Kohlenhydrat-Mengen deutlich reduziert (nicht dargestellt).



**Abb. 1:** Einfluss differenzierter S-Düngung auf die Entwicklung der vorliegenden Menge an Saccharose (A) sowie Glucose (B) in Knöllchen der Erbse. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Tukey-Test,  $p \leq 0,05$ ).

Weiterhin bewirkte eine S-Unterversorgung vor und nach der Blüte signifikant geringere Ferredoxin-Gehalte in den Bakteroiden der Erbsenknöllchen (nicht dargestellt). Ferredoxin, ein S- sowie Fe-haltiges Protein, liefert die erforderlichen Elektronen bei der Reduktion des Luftstickstoffs zu pflanzenverfügbarem Stickstoff. Das Protein Leghämoglobin, welches aufgrund seiner hohen Affinität zu Sauerstoff die sehr O<sub>2</sub>-empfindliche Nitrogenase durch Bildung und Erhaltung eines mikroaeroben Milieus schützt, war in den Knöllchen unter S-Mangel signifikant reduziert (nicht dargestellt). Die Transkriptionsrate des Leghämoglobins, also die Übersetzung der DNA in RNA als erster Schritt der Proteinsynthese, war jedoch unter S-Mangel erhöht (nicht dargestellt).

Zusammenfassend ist zu sagen, dass ausgehend von einer unter S-Mangel reduzierten Synthese der S-haltigen Aminosäuren Cystein und Methionin primär die Proteinsynthese gestört ist. Dies hat in der Pflanze unmittelbar Auswirkungen auf den Chlorophyll-Gehalt bzw. die Photosyntheseleistung. Die Folge der reduzierten Photosynthese ist eine limitierte Kohlenhydrat-Synthese, die wiederum zu einer Unterversorgung der Knöllchen mit Energie und C-Skeletten führt. Eine zudem durch das reduzierte Angebot von Saccharose herabgesetzte Dissimilation in den Knöllchen sowie ein dadurch zwangsläufig verminderter O<sub>2</sub>-Verbrauch in den Mitochondrien der Symbionten lassen darauf schließen, dass folglich ein möglicherweise erhöhter Gehalt an freiem Sauerstoff in Zusammenhang mit einer reduzierten Energie-Versorgung gemeinsam die Nitrogenase in den Knöllchen hemmt und somit zu einer reduzierten Stickstofffixierung führt. Neben einer solch indirekten Wirkungsweise einer S-Unterversorgung auf die Stickstofffixierung über eine reduzierte Photosyntheserate ist der direkte Effekt eines S-Mangels über die limitierte Proteinsynthese auf elementare Proteine und Enzyme der Symbiose nicht zu vernachlässigen. Die trotz erhöhter Transkriptionsrate nachweislich reduzierte Leghämoglobin-Synthese induziert ein für die Nitrogenase schädliches aerobes Milieu und hemmt deren Aktivität. Das Elektronen übertragende Protein Ferredoxin spielt dabei ebenfalls eine Rolle.

Dies alles führt unmittelbar zu einer reduzierten Stickstofffixierung und infolgedessen zu deutlichen Ertragsdepressionen bei der Körnerleguminose Erbse. Somit beeinflusst Schwefel-Mangel bei Erbse nicht nur deren Erträge sondern auch ihre gegenüber anderen Kulturpflanzen besondere Fähigkeit zur Bindung des Luftstickstoffs negativ.

## Literatur

- Eppendorfer, W. H. and B. Eggum, 1995: Sulfur amino-acid content and nutritive value of pea and cauliflower crude protein as influenced by sulphur deficiency. *Z. Pflanz Bodenkunde* 158: 89-91.
- Lange, A. 1998: Einfluss der Schwefel-Versorgung auf die biologische Stickstofffixierung von Leguminosen. Dissertation an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.
- Sexton, P. J.; N. C. Paek and R. M. Shibles 1998: Effects of nitrogen source and timing of sulphur deficiency on seed yield and expression of 11S and 7S seed storage proteins of soybean. *Field Crops Res* 59: 1-8.
- Vance, C. P. and G. H. Heichel 1991: Carbon in N<sub>2</sub>-fixation: limitation or exquisite adaptation. *Annu Rev Plant Phys* 42: 373-392.
- Zhao, F. J.; A. P. Wood and McGrath, S. P. (1999): Effects of sulphur nutrition on growth and nitrogen fixation of pea (*Pisum sativum* L.). *Plant Soil* 212, 209-219.

## Der ökologische Pflanzenbau und der gesetzliche Wasserschutz in Baden-Württemberg

Annette Häberle

### Einleitung

Der Ökologische Landbau stellt in vielerlei Hinsicht eine umweltfreundliche Bewirtschaftungsweise dar, doch Austräge von Nitrat mit dem Sickerwasser sind auch hier zu finden. Nach dem in der Praxis weitverbreiteten Umbruch von Leguminosen oder der Ernte von Feldfrüchten mit N-intensiven Ernteresten im Herbst und der Aussaat von Winterweizen werden große Mengen an Stickstoff mineralisiert, die über Winter durch die geringe N-Aufnahmekapazität des Weizens durch Verlagerung in tiefe Bodenschichten dem Nährstoffkreislauf verloren gehen können. Als mögliche Lösungsansätze werden häufig eine Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität bzw. eine Verschiebung des Bearbeitungstermins in den Spätherbst oder das Frühjahr diskutiert. In ihren Anbauverfahren sind ökologisch wirtschaftende Betriebe zur Förderung der Ertragsbildung, zur Unkrautregulation und zur Kontrolle von Schadern und Schädlingen auf eine zeit- und bedarfsgerechte Bodenbearbeitung angewiesen. Dies steht zum Teil nicht im Einklang zu den gesetzlichen Regelungen nach der Schutz- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) zur Reduzierung von Nitratausträgen in Wasserschutzgebieten. Ziel der Untersuchungen war, auf ökologisch bewirtschafteten Praxisbetrieben in Baden-Württemberg zu überprüfen, ob die in der SchALVO vorgesehenen Bodenbearbeitungsmaßnahmen die N-Mineralisation beeinflussen und ob durch die Anwendung nitratreduzierender Maßnahmen eine Beeinträchtigung der Anbauverfahren im Ökologischen Landbau entsteht.

### Material und Methoden

Um einen möglichst breit gefächerten regionalen Querschnitt zu erfassen, wurden die dreijährigen Versuche (2002-2005) in drei bodenarttypischen Gebieten Baden-Württembergs angelegt. Hierzu zählten das Main-Tauber-Gebiet aus Muschelkalk und Keuper, die Gäu-Region als Lössstandort und die Schwäbische als Vertreter der Kalksteingebiete. Alle Versuchsflächen lagen in Wasserschutzgebieten. Die Versuche wurden jeweils an die Ernte von N-fixierenden oder N-intensiven Vorfrüchten angeschlossen. Untersucht wurde der Einfluss wendender und reduzierter Bodenbearbeitung in Kombination mit unterschiedlichen Bearbeitungsterminen (Tab.1) auf die Entwicklung, den Ertrag und die Qualität der Kulturpflanzen sowie die Unkrautdichte und die Stickstoffmineralisation im Boden untersucht.

**Tab.1:** Bodenbearbeitungsvarianten und –zeitpunkte

Variante	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März
Pflug Okt.	Pflug, WW					
<i>Grubber Okt.</i>	<i>Grubber, WW</i>					
<i>Pflug Nov.</i>	<i>Zwischenfrucht</i>	<i>Pflug</i>				SW
Pflug Dez.	keine Stoppelbearbeitung		Pflug			SW
<i>Pflug Feb.</i>	<i>Zwischenfrucht</i>				<i>Pflug</i>	SW

WW: Winterweizen, SW: Sommerweizen, *Kursiv*: SchALVO-Varianten, Normal: ogL-Varianten

Alle Versuche waren als einfaktorielle vollständig randomisierte Blockanlage mit jeweils 20 Versuchspartellen angelegt. Die Parzellengröße umfasste 200 m<sup>2</sup>. Die

fünf unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten (Tab.1) wurden in jeweils vier Wiederholungen je Versuchsfeld getestet. Auf allen Standorten wurden Erhebungen zur Bestandes- und Ertragsentwicklung durchgeführt (Tab.2). Die vorhandenen Unkrautpopulationen wurden in den einzelnen Arten bestimmt und deren Anzahl gezählt. Um den Mineralisationsverlauf von Stickstoff im Boden zu beobachten, wurden in regelmäßigen zeitlichen Abständen  $N_{min}$ -Proben gezogen (Tab.2). Die statistische Datenauswertung wurde mit Hilfe des Statistical Analysis System 9.1.3. durchgeführt. Die Ergebnisse der erhobenen Parametern wurden in einer Varianzanalyse ( $p = 5\%$ ) und anschließend Mittelwertvergleich über ein gemischtes Modell verrechnet. Die Normalverteilung der Daten wurde mit einem F-Test überprüft. Sofern sie nicht

gegeben war, erfolgte eine Datentransformation nach Box-Cox:  $BC(y) = \frac{y^\phi - 1}{\phi}$ .

**Tab.2:** Datenerhebungen auf den Versuchsstandorten

Parameter	Ausführung
Feldaufgang	Auszählen der Keimlinge $m^{-1}$ , 5 * je Versuchsparzelle
Bestockung	Auszählen der Bestockungstriebe $m^{-1}$ , 5 * je Versuchsparzelle
Unkrautdichte	Bestimmung der Arten und der Anzahl mit Hilfe von Göttinger Schätzrahmen, 10 * je Versuchsparzelle
Weizenertrag	Ernteschnitte (3 * 1 $m^2$ je Versuchsparzelle) → Ermittlung von TM, Bestandesdichte, Kornertrag, TKM, Rohproteingehalt
$N_{min}$	2- bzw. 4-wöchentliche Entnahme mit Hilfe von Pürkhauer-Bohrstöcken, 8 * je Versuchsparzelle in den Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm

### Ergebnisse und Diskussion

Ein eventueller Einfluss variiert durchgeführter Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf den prozentualen Feldaufgang wurde durch kulturartspezifische Differenzen überlagert. Der Feldaufgang von Sommerweizen lag auf einem signifikant höheren Niveau als der Feldaufgang von Winterweizen (Tab.3). Die Ursachen können zum einen in den unterschiedlichen Aussaatstärken und zum anderen in sortentypischen Anlagen, wie zum Beispiel der Keimfähigkeit liegen. In der Bestockung der Weizenpflanzen wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten festgestellt. Tendenziell wurde beim Sommerweizen ein vermutlich sortenbedingt höheres Bestockungsvermögen der Einzelpflanze festgestellt (Tab.3).

**Tab.3:** Feldaufgang (%) und Bestockung (Triebe Pflanze<sup>-1</sup>) in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung in der Gesamtregion Baden-Württemberg, 2002-2005.

	Pflug Okt.	Grubber Okt.	Pflug Nov.	Pflug Dez.	Pflug Feb.
Feldaufgang	62,9 <sup>b</sup> (19,66)	62 <sup>b</sup> (15,91)	65,3 <sup>a</sup> (11,44)	67,2 <sup>a</sup> (11,63)	63,8 <sup>a</sup> (11,11)
Bestockungstriebe	2,1 <sup>a</sup> (0,55)	2 <sup>a</sup> (0,45)	2,2 <sup>a</sup> (0,85)	2,2 <sup>a</sup> (0,79)	2,3 <sup>a</sup> (0,90)

Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten hin mit  $p=5\%$ , t-Test. In Klammern: Standardabweichung der Mittelwerte.

Im Hinblick auf die Bestandesdichte wurden signifikante Unterschiede zwischen Winter- und Sommerweizen festgestellt. Unterschiedliche Mengen an verfügbarem Stickstoff im Boden können nicht die Ursache dafür gewesen sein. Eine Möglichkeit besteht in einer unterschiedlichen Menge an Bodenwasser durch variiert durchgeführte Bodenbearbeitung bzw. in sortentypischen Unterschieden, die sich vor allem in der Bestandesdichte und der Kornzahl je Ähre ausprägen. Eine negative Korrelation von Bestandesdichte und Kornzahl je Ähre, wie bei MUELLE und HEGE (1981),



wurde auch in den eigenen Untersuchungen beobachtet. Durch die geringere Bestandesdichte von Winterweizen erfolgte eine erhöhte Einkörnung, was vermutlich auf eine günstigere Standraumverteilung und einer damit geringeren Konkurrenz um Wachstumsfaktoren zuzuordnen war (Tab.4). Neben Einflüssen der Bestandesführung und unterschiedlicher Sorten ist die Stickstoffversorgung der Pflanzenbestände eine wichtige Größe für die Ausprägung der mittleren Kornmasse (TKM). In den durchgeführten Untersuchungen wurden, übereinstimmend mit Untersuchungen von VYN et al. (1991), nur geringe Unterschiede in der N-Netto-Mineralisation festgestellt. Damit verbunden waren die Differenzen in der ermittelten TKM von untergeordneter Bedeutung (Tab.4). Trotz des geringeren prozentualen Feldaufgangs bei Winterweizen wurden keine signifikanten Ertragsdifferenzen festgestellt. Der Ertragsausgleich fand fast ausschließlich über eine erhöhte Einkörnung und eine höhere TKM statt. Tendenziell wurde nach reduzierter Bodenbearbeitung im Herbst im Vergleich zu zeitgleich gepflügten Parzellen ein um durchschnittlich 2,0 dt ha<sup>-1</sup> geringerer Kornertrag festgestellt. Die Erträge des Sommerweizens lagen im Vergleich zu den Kornerträgen des Winterweizens tendenziell auf einem um 2,6 dt ha<sup>-1</sup> geringeren Niveau (Tab.4).

**Tab.4:** Bestandesdichte (ährentragende Halme m<sup>-2</sup>), Anzahl Körner Ähre<sup>-1</sup>, TKM (g) und Kornertrag (dt ha<sup>-1</sup>) in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung in der Gesamtregion Baden-Württemberg, 2002-2005.

	Pflug Okt.	Grubber Okt.	Pflug Nov.	Pflug Dez.	Pflug Feb.
Bestandesdichte	412,5 <sup>b</sup> (118,24)	394,1 <sup>b</sup> (124,04)	466,2 <sup>a</sup> (96,72)	485,9 <sup>a</sup> (103,76)	474,4 <sup>a</sup> (117,21)
Körner Ähre <sup>-1</sup>	29,4 <sup>a</sup> (13,96)	29,2 <sup>a</sup> (13,59)	25,0 <sup>b</sup> (8,21)	23,6 <sup>b</sup> (8,78)	25,4 <sup>b</sup> (9,73)
TKM	36,4 <sup>a</sup> (5,47)	36,3 <sup>a</sup> (5,71)	33,3 <sup>b</sup> (4,46)	33,1 <sup>b</sup> (4,29)	33,3 <sup>b</sup> (4,94)
Kornertrag	40,4 <sup>a</sup> (12,52)	37,9 <sup>ab</sup> (11,42)	36,8 <sup>ab</sup> (7,34)	36,3 <sup>b</sup> (9,82)	36,7 <sup>ab</sup> (10,75)

Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten hin mit p=5%, t-Test. In Klammern: Standardabweichung der Mittelwerte.

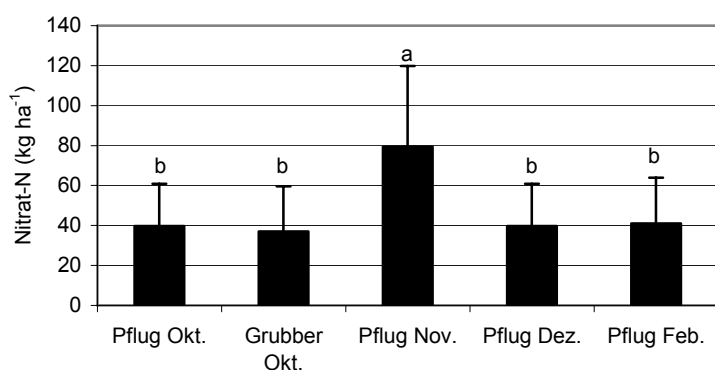
In den Unkrautbonituren wurde auf den Versuchsflächen insgesamt eine sehr geringe Anzahl monokotyler und perennierender Unkräuter festgestellt. Tendenziell wurde nach einer einmalig durchgeführten reduzierten Bodenbearbeitung im Herbst eine geringere Verunkrautung mit dikotyl-annuellen Arten festgestellt als nach einer zeitgleich durchgeführten Pflugbearbeitung. Die zu einem späteren Zeitpunkt (November, Dezember, Februar) gepflügten Versuchsvarianten zeigten insgesamt eine stärkere Verunkrautung. Ein Grund hierfür könnte in der Abhängigkeit des Keimungsverlaufes der Unkrautsamen zur Bodentemperatur und -feuchte liegen (ROBERTS & POTTER, 1980), die in den später bearbeiteten Versuchsvarianten günstiger waren.

**Tab.5:** Durchschnittliche Unkrautdichte (Pflanzen m<sup>-2</sup>) im Frühjahr in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung in der Gesamtregion Baden-Württemberg, 2002-2005.

Unkräuter	Pflug Okt.	Grubber Okt.	Pflug Nov.	Pflug Dez.	Pflug Feb.
Dikotyl-annuell	68,4 <sup>ab</sup> (44,78)	65,4 <sup>b</sup> (46,99)	99,9 <sup>a</sup> (61,78)	94,0 <sup>a</sup> (64,60)	110,0 <sup>a</sup> (88,60)
Dikotyl-perennierend	2,4 <sup>a</sup> (5,17)	3,6 <sup>a</sup> (7,81)	6,2 <sup>a</sup> (12,33)	5,5 <sup>a</sup> (13,31)	6,6 <sup>a</sup> (13,87)
Monokotyl	6,9 <sup>a</sup> (16,52)	7,3 <sup>a</sup> (18,21)	6,7 <sup>a</sup> (17,44)	5,2 <sup>a</sup> (13,91)	8,9 <sup>a</sup> (23,09)
Gesamt	79,6 <sup>ab</sup> (47,64)	76,2 <sup>b</sup> (52,97)	112,7 <sup>a</sup> (68,02)	104,6 <sup>a</sup> (68,80)	125,3 <sup>a</sup> (95,07)

Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten hin mit p=5%, t-Test. In Klammern: Standardabweichung der Mittelwerte.

Durch eine reduzierte Bodenbearbeitung im Herbst bzw. eine Verschiebung des Pflugtermins in den Dezember bzw. Februar wurde im Vergleich zu einer wendenden



**Abb.1:** Durchschnitt aller erhobenen N<sub>min</sub>-Gehalte innerhalb der Jahre 2002-2005 in Baden-Württemberg.

Bodenbearbeitung im Herbst nur eine geringe Reduktion der N<sub>min</sub>-Gesamtmenge erreicht. Durch eine wendende Bodenbearbeitung im November wurden mit durchschnittlich 80 kg ha<sup>-1</sup> die signifikant höchste N<sub>min</sub>-Gesamtmenge erreicht. Der zeitliche Verlauf der Mineralisation (nicht dargestellt) war in den meisten Fällen in Folge der alternativen Pflugtermine (November, Dezember, Februar) besser an das Wachstum der Pflanzenbestände angepasst. Die Vorwintermineralisation war reduziert, der

Mineralisationsschub im Frühjahr zeitlich gut abgestimmt mit dem Wachstumsverlauf des Sommerweizens. Insgesamt wurde eine starke Abhängigkeit aller Ergebnisse von der Versuchsregion und dem jeweiligen Standort in Bezug auf Witterungs-, Boden- und Managementunterschiede festgestellt.

Unter den Bedingungen der vorliegenden Untersuchungen ist davon auszugehen, dass durch eine einmalige Variation der Bodenbearbeitungsmaßnahmen unter ökologischen Produktionsbedingungen keine Beeinträchtigungen der Anbauverfahren entstehen. Durch eine Verschiebung des Pflugtermins kann eine verbesserte Anpassung des Mineralisationsverlaufes an das Wachstum des Kulturpflanzenbestandes erreicht werden.

## Literatur

- Muelle, G. und H.J. Heege 1981: Kornverteilung über die Fläche und Ertrag bei Getreide. Z. für Acker- und Pflanzenbau 150: 97-112.
- Vyn, T.J.; J.C. Sutton und B.A. Raimbault 1991: Crop sequences and tillage effects on winter wheat development and yield. Can. J. Soil Sc. 71: 669-676.
- Roberts, H.A. und M.E. Potter 1980: Emergence patterns of weed seedlings in relation to cultivation and rainfall. Weed Research 20: 377-386.

## **Contrasting response of plant biodiversity of different grassland management regimes to local and landscape factors: potential implications for management and conservation**

Sebastian Klimek

### **Introduction**

Over the last decades, both the decrease of the area and the fragmentation of semi-natural habitats caused a dramatic decline of biodiversity at local, regional and global scales. These processes have been largely attributed to the intensification of land-use practices, and more recently to the abandonment of many low-productivity semi-natural grasslands that no longer ensure high economic yields to farmers.

Semi-natural grasslands are of major importance for biodiversity in agricultural landscapes and play an increasingly important role in delivering non-agricultural products and ecosystem services. Nowadays, it is a well known fact that species-rich grasslands can only be maintained if farmers receive compensation payments against intensification by means of agri-environment subsidies. Recent studies have indicated that management agreements that include financial compensation for farmers are failing to prevent the process of biodiversity loss. In order to enhance the efficiency of management measures prescribed in agri-environment schemes, there is an urgent need to understand the underlying local and landscape factors that determine plant species richness in grasslands.

Our objectives were thus to determine the relative importance of local and landscape factors on plant species richness in mown meadows and grazed grasslands. To provide deeper understanding of the relative importance of different sets of explanatory variables for biodiversity patterns, we used variation partitioning and hierarchical partitioning (Heikkinen et al. 2004).

### **Material and methods**

The study area covered an area of c. 1260 km<sup>2</sup> and was situated in the southern part of Lower Saxony, Germany (administrative district of Northeim). We sampled a total of 60 managed grassland parcels belonging to 30 different farms. Floristic surveys were carried out at 30 meadows that were cut only and 30 grazed pastures without any cutting treatment.

In each grassland parcel, we sampled three circular vegetation plots of 12.6 m<sup>2</sup> (radius 2 m) at a distance of 10 m from each other for the assessment of vascular plant species richness. In each circular vegetation plot, a complete floristic survey was carried out before the first cut or the beginning of grazing by livestock, respectively. Species richness for each grassland parcel was the total number of species that occurred in the three 12.6 m<sup>2</sup> sample plots.

In this study, three groups of explanatory variables were recorded for each grassland parcel: (i) local topographic, (ii) local field management and (iii) landscape structure variables. The group of local topographic variables was comprised of both topography-related environmental variables as well as soil-related ones. The following topography-related quantitative explanatory variables measured from all grassland sites were included in the study: elevation, slope angle and sum of daily solar radiation. Additionally, the environmental variable soil quality, based on an estimate of the

land's value for agricultural production, was spatially derived using detailed vector-based digital soil map data.

To record relevant information about local field management intensity, all involved farmers were interviewed using a standardised questionnaire. The meadows were mostly fertilised with mineral nitrogen applications between the cuts while the applied nitrogen fertilisation for the pastures included mineral N, farmyard manure or liquid manure. Grazing intensity was estimated considering the type of grazing animal, stocking rates, timing and duration.

Landscape structure variables were derived by generating a buffer of 500 m around each grassland parcel boundary. Three landscape structure variables were calculated for each buffer using ArcInfo GIS (ESRI Inc., Redlands, California): percentage of arable land, percentage of permanent grassland and landscape heterogeneity (measured as habitat diversity using Shannon's diversity index).

The relative importance of local topographic, management and landscape variables on species richness of meadows and pastures was tested simultaneously considering landscape structure variables at the spatial scale of 500 m. We employed two main methods to test whether the plant species richness was more strongly controlled by forces acting at the local or at the landscape scale: variation partitioning and hierarchical partitioning (Klimek et al. 2006a). Both types of analyses were performed separately for the meadow dataset and the pasture dataset. We used variation partitioning to decompose the variation in species richness of meadows and pastures into three groups of explanatory variables: local topography (T), local management (M) and landscape structure (L) variables. To determine the pure and combined effects of the three sets of explanatory variables on species richness, we used for each dataset a series of (partial) regression analyses with redundancy analysis (RDA) to isolate all variation components using the software package CANOCO (Version 4.5; ter Braak and Smilauer 2002). Each set of explanatory variables was analysed separately using a manual forward selection procedure of explanatory variables with associated Monte Carlo permutation test ( $10^3$  permutations) to obtain reduced subsets of variables that best explained the residual variation in plant species richness.

## **Results and discussion**

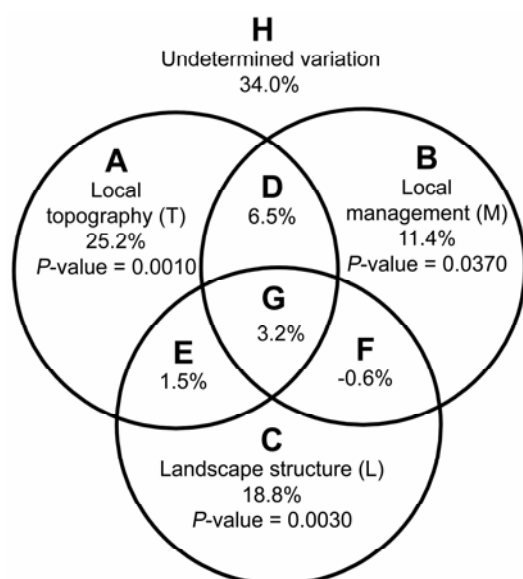
The comparison of the plant species richness of meadows and pastures indicated significantly higher numbers of plant species in pastures than in meadows (Mann–Whitney U-test,  $Z = 3.1987$ ,  $P = 0.0014$ ). The results of the forward selection of explanatory variables revealed that only nitrogen fertilisation was significantly related to the plant species richness of meadows (Table 1). Neither topography-related explanatory variables nor landscape structure variables appeared to affect the plant species of meadows significantly (all  $P > 0.1$ ). The pure effect of nitrogen fertilisation accounted for 45.9% ( $P = 0.0010$ ) of the variation in plant species richness.

The forward selection of variables for species richness of pastures included five explanatory variables from the three variable groups for each dataset. From the topographic models, soil quality and slope were selected, which together accounted for 36.4% of the variation in species richness. The management models showed a significant decrease in the number of plant species associated with higher amounts of nitrogen fertilisation, while plant species richness was positively influenced by grazing intensity. The selected explanatory variable 'percentage of arable land' was significantly related to the species richness of pastures and accounted for 22.9% of the variation in plant species richness of pastures.

**Table 1:** Importance of the explanatory variables in the linear regression models for plant species richness of meadows (n = 30) and pastures (n = 30). The amount of explained variation ( $R^2$ , equivalent to sum of all canonical eigenvalues, in %) is given for each model. Directions of association (- or +) and P-values for significant variables ( $P < 0.1$ ) are shown. N = Nitrogen fertilisation ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ); SQ = Soil quality; SLOPE = Mean slope angle (deg); GRINT = Grazing intensity ( $\text{SLU-days ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ); PA\_500 = Percentage of arable land at the spatial scale of 500 m (%).

Topographic model (T)			Management model (M)			Landscape model (L)		
Variable	P-value	$R^2$	Variable	P-value	$R^2$	Variable	P-value	$R^2$
<b>Meadow dataset</b>								
-	-		N	0.0010 (-)		-	-	
-			model		45.9	-		
<b>Pasture dataset</b>								
SQ	0.0050 (-)		N	0.0619 (-)		PA_500	0.0080 (-)	
SLOPE	0.0849 (+)		GRINT	0.0969 (+)				
model		36.4	model		20.5	model		22.9

Decomposing the total variation in plant species richness of pastures into variation fractions revealed that the largest fraction was accounted for by the pure effect of local topography-related variables (fraction A in Fig. 1; 25.2%). The results of the hierarchical partitioning were largely in accordance to those of variation partitioning (for results see Klimek et al. 2006a). The pure effect of landscape structure variables explained more variation than pure local field management variables, which were generally of minor importance in pastures.



**Fig. 1:** Results of the variation partitioning for the plant species richness of pastures (n = 30) between local topography (T), local management (M) and landscape structure (L) variables considering landscape structure at the spatial scale of 500 m. Both pure (A, B and C) and combined effects (D, E, F and G) are shown. The fraction of variation explained ( $R^2$ , in %) is given for each component. P-values for pure components as determined by Monte Carlo permutation tests ( $n = 10^3$ ) are shown.

In this study, the variation partitioning approach revealed that the response of plant species richness to local and landscape factors depended on the management regime (Klimek et al. 2006b). Species richness was generally significantly higher in grazed pastures than in mown meadows. The plant species richness of mown meadows was solely determined by the negative effect of the applied nitrogen fertilisation. These findings conform to other studies that found pronounced decreases in

species diversity after nitrogen addition (Jacquemyn et al. 2003). In contrast to that of mown meadows, plant species richness of grazed pastures was determined by both local and landscape factors. Our results suggest that grazing at a moderate stocking rate positively affected the species richness of pastures, probably by reducing the abundance of competitive dominant species and thereby indirectly favouring inferior species (Klimek et al. 2006c). The results confirmed an influence of the surrounding landscape on species richness in pastures, but not in meadows.

There is increasing evidence that grazing at a moderate stocking rate enhances plant species richness by creating small-scale disturbances in the soil and the sward structure and thereby enabling species establishment through vegetation gaps (Rook et al. 2004). It is very likely that both the dispersal by grazing animals and the colonisation of vegetation gaps after disturbance are negatively affected by a high percentage of arable land in the surrounding landscape.

## Conclusions

Our results demonstrate that low to moderate intensity livestock grazing enhances plant species richness in managed grasslands. This study further implies that future management policies should focus on improved habitat connectivity. Our results demonstrate a significant effect of landscape factors on biodiversity of grazed pastures. This should be taken into account when targeting specific conservation programmes, e.g. agri-environment schemes. There is an emerging consensus that agri-environment schemes could provide measurable benefits to farmland biodiversity when appropriately designed and targeted. For this reason, our results suggest promoting coherent areas of grazed pastures at low to moderate intensity livestock grazing to preserve and enhance plant species richness in agricultural landscapes. Securing coherent areas of extensively managed pastures at the landscape level could combine biodiversity improvements with reduced costs for pasture management to the farmer.

## References

- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Virkkala, R. and K. Raino 2004: Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural-forest mosaic. *Journal of Applied Ecology* 41: 824-835.
- Jacquemyn, H., Brys, R. and M. Hermy 2003: Short-time effects of different management regimes on the response of calcareous grassland vegetation to increased nitrogen. *Biological Conservation* 111: 137-147.
- Klimek, S., Marini, L. and J. Isselstein 2006a: Opposing effects of local and landscape factors on plant species richness in mown vs. grazed grassland. *Journal of Applied Ecology* (submitted).
- Klimek, S., Isselstein, J. and H.-H. Steinmann 2006b: Effects of field management, environment and landscape context on vascular plant species diversity in managed grasslands. *IOBC wprs Bulletin*, Vol. 29 (6): 69-72.
- Klimek, S., Hofmann, M., Isselstein, J. and A. Richter gen. Kemmermann 2006c: Plant species richness and composition in managed grasslands: the relative importance of field management and environmental factors. *Biological Conservation* (accepted).
- Rook, A.J., Dumont, B., Isselstein, J., Osoro, K., WallisDeVries, M.F., Parente G. and J. Mills 2004: Matching type of livestock to desired biodiversity outcomes in pastures – a review. *Biological Conservation* 119: 137-150.
- Ter Braak, C.J.F. and P. Smilauer 2002: *CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA).

## **Entwicklung eines Modells zur Analyse und Bewertung der Schadverdichtungsgefährdung von Ackerstandorten**

Jan Rücknagel

### **Einleitung**

Die ökonomischen Bedingungen in der Landwirtschaft führen zu einer weiteren Vergrößerung der Ackerbaubetriebe und damit zu höheren Anforderungen an die Zugkräfte sowie die Bunkerkapazitäten der Landmaschinen. Diese haben jedoch höhere Gesamtmassen zur Folge, womit das Risiko für schädliche Bodenverdichtungen weiter ansteigt (Trautner und Arvidson, 2003). Sind Bodenverdichtungen erst einmal etabliert, dann ist eine Gefügemelioration, insbesondere im Unterboden durch Bodenbearbeitung und pflanzenbauliche Maßnahmen zeitaufwendig, kostenintensiv und auch nicht dauerhaft (Schröder, 1986). Günstiger ist es deshalb Schadverdichtungen vorbeugend zu vermeiden. Besonders mathematisch - empirische Modelle sind geeignet Risiken zu erkennen und konkrete Handlungsempfehlungen zu erarbeiten.

Für das Betriebsbilanzierungsmodell REPRO wurde ein Modul zur Abschätzung der Schadverdichtungsgefährdung entwickelt. Anwender sollen neben geschulten Landwirten die landwirtschaftlichen Berater sein. Das Modul beinhaltet die vier Grundkomponenten Bodenwassergehalt, Gefügestabilität, Bodendruck sowie Auswertung und Bewertung. Diese Komponenten sowie einige Ergebnisse der Modellüberprüfung werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

### **Komponenten des Modells**

#### **1. Verlauf des Bodenwassergehaltes**

In den Stammdaten des Modells sind für verschiedene Klimastationen und Fruchtartengruppen langjährige Mittelwerte und aktuelle Bodenwassergehalte auf Tagesbasis als Datenbank hinterlegt. Diese werden für die Ableitung der Stabilität des Bodengefüges und die Berechnung des Bodendrucks zum Zeitpunkt der einzelnen Befahrungen benötigt.

#### **2. Stabilität des Bodengefüges**

Zunächst erfolgt die Abschätzung der Vorbelastung ( $\log \sigma_P$ ) für die untere Ackerkrume (20 cm) und den krumennahen Unterboden (35 cm) bei einer Wasserspannung von -6 kPa mit einem Regressionsmodell aus der Dichte der Aggregate und der Dichte des Gesamtbodens. Dieses Regressionsmodell wurde auf Basis bodenphysikalischer und -mechanische Untersuchungen auf Praxisflächen, Bodenbearbeitungsversuchen und einem organischen Dauerdüngungsversuch entwickelt (Rücknagel et al., 2006). Im Gegensatz zum krumennahen Unterboden wird in der Ackerkrume die Vorbelastung nicht als Belastbarkeitsgrenze verwandt, sondern die Erhaltung eines Mindestgefügezustandes mit einer Luftkapazität von  $\geq 8$  Vol.-% und einem  $k_f$  - Wert von  $\geq 10$  cm/d angestrebt ( $\log \sigma_{LD-RW}$ ). Die Berechnung erfolgt mit dem gleichen Regressionsmodell unter Verwendung einer den Zielparametern äquivalenten Dichte (Lagerungsdichterichtwert). Anhand der Vorbelastung bei einer Wasserspannung von -6 kPa wird für den tatsächlichen Wassergehalt zum

Zeitpunkt einer Befahrung ein Korrekturfaktor für die Stabilität des Gefüges errechnet. Die Programmmaske zur Berechnung der Vorbelastung und Belastbarkeit der einzelnen Schläge ist in Abbildung 1 dargestellt.

Schlag	Nr.	Teilschlag	Nr.	Jahr	Größe	V-Gefährdung	Tiefe	Grobbodenanteil	ohdich
Flurweg 1	18	Flurweg 1 / 1	1	2002	1,7771		25	0,00	1
Flurweg 1	18	Flurweg 1 / 3	3	2002	2,0073		25	0,00	1

Klassenzeichen der Bodenschätzung | Bodenform | Ackerkrume/Unterboden | Wasser | Relief | 8  mit Prüfungen

Tiefe: 25  2 | Grobbodenanteil: 0,00 % | 20 cm: sehr gering < 1,25  3 | 1,24 g/cm³ |  kein Überschreiben der TRD  
 0,00 % | 35 cm: mittel 1,45-1,65  9 | 1,45 g/cm³ |  eigene Vorbelast./Belastbarkeit

Belastbarkeit (log): 2,02 pF 1,8  6 | Vorbelastung (log): 20 cm: 1,30 pF 1,8  7 | 35 cm: 1,97 pF 1,8  
 Aggregat-Dichte (pF 1,8): 20 cm: 1,55 g/cm³  4 | 35 cm: 1,56 g/cm³ | LD-Richtwert: 1,46 g/cm³  5

Bodengruppe:  | Stufe der Verdichtungsgefährdung:

- 1 Tabellenübersicht zur Schlagkennzeichnung
- 2 Eingabefelder für den Grobbodenanteil
- 3 Eingabefelder für die Trockenrohddichte
- 4 Eingabefelder für die Aggregatdichte
- 5 Eingabefeld für den Lagerungsdichterichtwert
- 6 Anzeige- oder Eingabefeld für die Belastbarkeit der unteren Krume
- 7 Anzeige- oder Eingabefeld der Vorbelastungen
- 8 Sicherung eingetragener Messwerte
- 9 Verwendung gemessener Vorbelastungen und Belastbarkeiten

**Abb. 1:** Maske zur Berechnung der Vorbelastungen in 20 und 35 cm Bodentiefe und der Belastbarkeit der Ackerkrume in 20 cm Tiefe

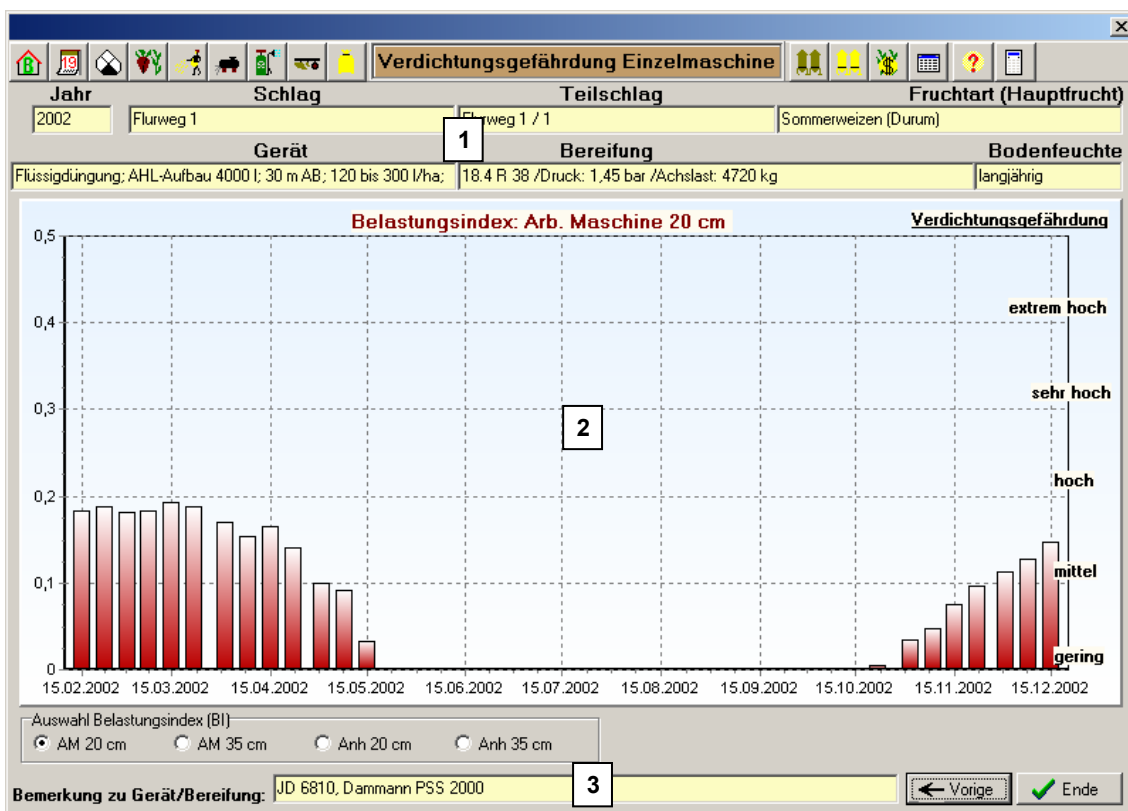
### 3. Bodendruck

Parallel zur Stabilität des Bodengefüges erfolgt die Berechnung des Bodendruckes (vertikale Spannung in der Lastachse  $\sigma_z$ ) für die untere Ackerkrume und den krumennahen Unterboden. Dazu wurde nach Prüfung an einem unabhängigen Datensatz die Formel von Koolen et al. (1992) in das Modell REPRO integriert. Der Bodendruck wird danach aus Radlast und Reifeninnendruck in der entsprechenden Tiefe ermittelt. Der Konzentrationsfaktor errechnet sich nach einem Regressionsmodell aus der Vorbelastung bei einer Wasserspannung von -6 kPa und dem tatsächlichen Bodenwassergehalt zum Zeitpunkt der Befahrung. Für den krumennahen Unterboden werden die Bedingungen der darüber liegenden Ackerkrume mit berücksichtigt.



#### 4. Auswertung und Bewertung

Als Differenz des Bodendruckes ( $\log \sigma_z$ ) und der Gefügestabilität ( $\log \sigma_p$  bzw.  $\log \sigma_{LD-RW}$ ) wird zunächst ein dimensionsloser Belastungsindex für jede einzelne Befahrung ermittelt. Dieser kann Werte  $\geq$  Null annehmen. Zunehmende Belastungsindizes weisen auf eine steigende Überschreitung der Gefügestabilität hin. Ausgehend vom Teilschlag als kleinste betriebliche Einheit erlaubt die Zusammenfassung der Belastungsindizes auf Ebene der Verfahren und Maschinen sowie verschiedenen betrieblichen und zeitlichen Ebenen eine komplexe Analyse und Bewertung der Schadverdichtungsgefährdung unter den tatsächlichen Bedingungen des Betriebes. Daneben besteht die Möglichkeit, Auswirkungen technologischer und bewirtschaftungsbedingter Veränderungen darzustellen. Aus diesen Szenariorechnungen lassen sich Empfehlungen zur Vermeidung von Schadverdichtungen unter den speziellen Bedingungen eines konkreten Betriebes ableiten. Grundlage dafür sind die bereits im Modell REPRO erfassten Bewirtschaftungsdaten. Auch die Ableitung von allgemeinen Empfehlungen, wie optimalen Einsatzzeiträumen einer Maschine, das Auffinden verdichtungsrelevanter Verfahren oder Hinweise zur Einstellung eines angepassten Reifeninnendruckes werden ermöglicht. Für den gesamtbetrieblichen Belastungsindex erfolgt die Bewertung mit einer Normalisierungsfunktion. Die Ergebnisse werden übersichtlich in Form von Tabellen oder Graphiken dargestellt (Abb. 2).

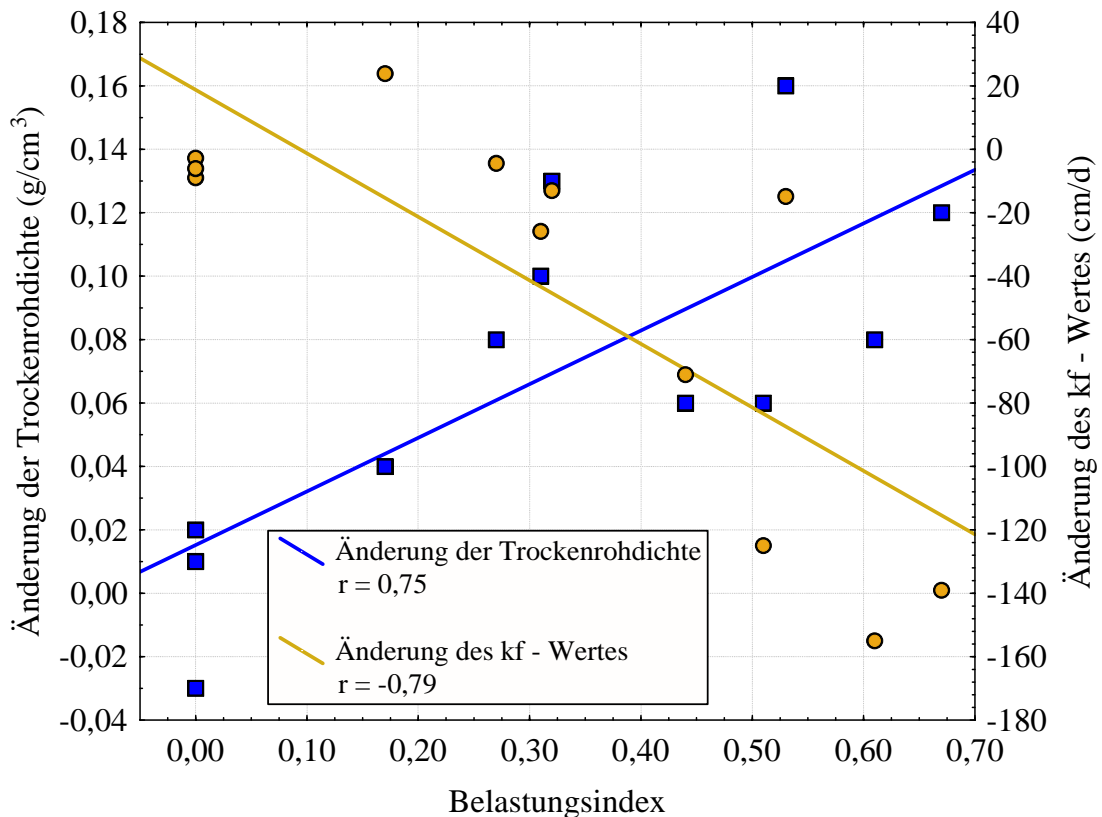


- 1 Anzeige der Graphik zugrunde liegenden Bedingungen
- 2 graphische Darstellung des Jahresverlaufes der Verdichtungsgefährdung
- 3 Bemerkungsfeld, z.B. mit genauer Maschinenbezeichnung

**Abb. 2:** Graphische Darstellung der Verdichtungsgefährdung einzelner Maschinen

### Prüfung des Modells

Zur ersten Überprüfung des neuen Modells wurden verschiedene Versuche angelegt (Bodenarten der Standorte: Sl3, Ut2, Ut3, Ut4), bei denen vor und nach Überfahrten mit landwirtschaftlichen Maschinen bodenphysikalische Untersuchungen durchgeführt wurden. Auf Basis der in REPRO erfassten Bewirtschaftungsmaßnahmen und Maschinenparameter wurde der Belastungsindex errechnet. Als Kriterium für die Gefügestabilität diente sowohl im krumennahen Unterboden als auch in der Ackerkrume die Vorbelastung, ermittelt aus der Trockenrohdichte und Aggregatdichte. Zwischen den berechneten Belastungsindizes und der Entwicklung von Trockenrohdichte sowie der gesättigten Wasserleitfähigkeit besteht eine enge Korrelation (Abb. 3). Das Modell ist somit gut geeignet die verdichtungsbedingte Veränderung des Bodengefüges mittels des Belastungsindex abzubilden.



**Abb. 3:** Zusammenhang von errechneten Belastungsindizes und den Änderungen der Trockenrohdichte bzw. des kf - Wertes nach den Befahrungen im Rahmen der Prüfung des Modells

### Literatur

- KOOLEN, A.J.; LERINK, P.; KURSTJENS, D.A.G.; VAN DEN AKKER, J.J.H.; ARTS, W.B.M. (1992): Prediction of aspects of soil - wheel systems. *Soil & Tillage Research* 24, 381-396.
- RÜCKNAGEL, J.; HOFMANN, B.; PAUL, R.; CHRISTEN, O.; HÜLSBERGEN, K.-J. (2006): Estimating precompression stress of structured soils on the basis of aggregate density and dry bulk density. *Soil & Tillage Research*. Im Druck.
- SCHRÖDER, D. (1986): Zweck und Ökonomik von Tieflockerungsmaßnahmen. *Kali Briefe (Büntehof)* 18 (2), 127-142.
- TRAUTNER, A.; ARVIDSON, J. (2003): Subsoil compaction caused by machinery traffic on a Swedish Eutric Cambisol at different soil water contents. *Soil & Tillage Research* 73, 107-118.

## Anwendung eines 3D Architekturmodells zur Charakterisierung von Bestandeseigenschaften der Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.)

Tino Dornbusch

### Einleitung

Die Modellierung von Entwicklung und Wachstum individueller Pflanzen mittels so genannter '*functional-structural plant models*' (FSPMs) bietet neue Möglichkeiten zur Beschreibung von Wechselwirkungen zwischen Pflanzenbeständen und deren biotischer bzw. abiotischer Umwelt während der Ontogenese (Godin und Sinoquet, 2005; Sievänen *et al.*, 2000). Ein wichtiger Bestandteil von FSPMs sind '*structural plant models*' (Architekturmodelle), d.h. Modelle zur Beschreibung der dreidimensionalen (3D) Bestandesarchitektur, da diese den Stoff- und Energieaustausch des Bestandes mit der Atmosphäre maßgeblich beeinflusst. Im Rahmen der Verbundprojekte '*Virtual Crops*' (DFG FOR 472) und '*Virtual-Crops-Barley*' (DFG PAK 8) ist ein generisches Architekturmodell für *Graminaceae* sowie Methoden zur Vermessung der 3D Pflanzengeometrie und zur Modellparametrisierung entwickelt worden. Dieses auf Grundlage von Messdaten für Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.) parametrisierte Architekturmodell soll für die Abbildung der strukturellen Komponente im FSPM VICA (Wernecke *et al.*, dieser Band) genutzt werden.

Ziel dieses Beitrages ist die kurze Vorstellung des Architekturmodells sowie der zur Modellparametrisierung angewendeten Methoden. Weiterhin sollen beispielhaft die erweiterten Möglichkeiten eines auf Grundlage von vermessenen Pflanzen parametrisierten 3D Architekturmodells zur Charakterisierung von Bestandeseigenschaften, u. a. der vertikalen Profile von Blattfläche, Chlorophyll, Stickstoff und Blattwinkelverteilung, im Verlauf der Ontogenese gezeigt werden.

### Material und Methoden

**Das Modell:** Die strukturelle, modulare Grundeinheit von *Graminaceae* sind Phytomere (McMaster, 2005). Im Modell werden vegetative und generative Phytomere abgebildet. Vegetative Phytomere besitzen die Komponenten: i) Blattspreite, ii) Blattscheide, iii) Nodium, iv) Internodium und v) laterale Knospe. Demgegenüber werden generative Phytomere durch die Komponenten i) Ährchen (ohne Granne), ii) Granne, iii) Nodium, iv) Internodium und v) laterale Knospe charakterisiert. Sequentiell aneinander gereihte Phytomere bilden einen Trieb. Aus den an jedem Nodium inserierten lateralen Knospen können wiederum neue Phytomere entstehen. Bei günstigen Wachstumsbedingungen entstehen aus diesen Seiten- oder Bestockungstrieben. In dem vorgestellten Modell werden die Phytomerkomponenten (Pflanzenorgane) im virtuellen Raum als geometrische Grundkörper abgebildet. Die Oberfläche dieser Körper wird durch einen Satz von Dreiecken approximiert. Zur Berechnung der Ausrichtung, Größe sowie Form dieser 3D Körper sind neue, generische Funktionen eingeführt und diese als Computeralgorithmen in Matlab<sup>®</sup> 7 (The MathWorks Inc., Natick, MA, USA) implementiert worden. Der Output des Modells ist ein Satz von Dreiecken mit zugeordneten Attributen wie z.B. Lage, Fläche, Flächennormale oder Chlorophyll-Flächenkonzentration.

**Methoden zur Modellparametrisierung:** Zur Quantifizierung der 3D Architektur (*i.e.* Modellparametrisierung) von *Graminaceae* wurden zwei Digitalisierungsmethoden am

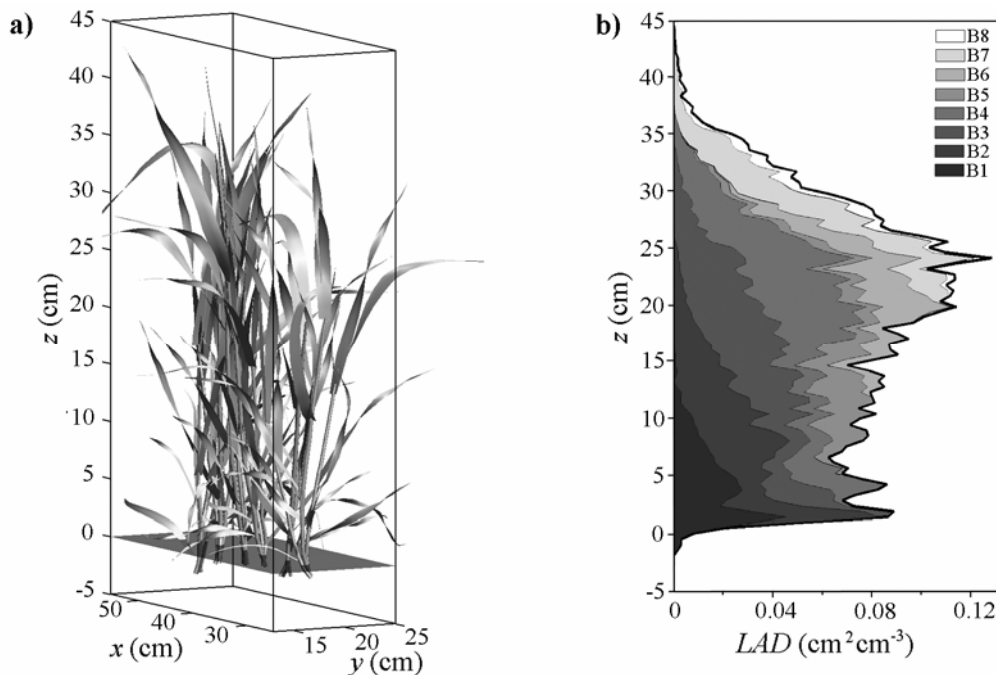
Beispiel der Sommergerste (*Hordeum vulgare* L. cv. 'Barke') getestet und etabliert. Das Messsystem Digiscan 2000 (RSI-GmbH, Oberursel, Deutschland) kam bei der ersten Methode, der Lichtebenenprojektion (Jiang und Bunke, 1997), zum Einsatz. Dieses Verfahren approximiert die zu vermessende Pflanzenoberfläche als Punktmenge. Geometrische Grundkörper wurden zur Repräsentation der einzelnen Organe mit einer vereinfachten Version des o.g. Architekturmodell berechnet und in die Punktwolken gefittet (Dornbusch *et al.*, submitted). Da sich diese sehr präzise Methode für komplexe, bestockte Pflanzen nicht gut geeignete, wurde ein weiteres Verfahren zur 3D Digitalisierung, die Silhouettenmethode nach Bonhomme und Varlet-Grancher (1978), angewendet. Bei dieser Methode wird die vollständige Pflanze vor einer Referenzfläche fotografiert. Die Ausrichtung der entsprechenden Organachsen kann dann bei der anschließenden Bildauswertung bestimmt werden. Da sich mit dieser Methode nur die 2D Ausrichtung der Organe bestimmen lässt, muss der jeweilige horizontale Azimutwinkel mit einem Winkelmesser manuell vermessen werden. Die komplette Pflanze wird nach dem Fotografieren in ihre einzelnen Organe zerlegt, die auf einem Flachbettscanner digitalisiert werden. Die resultierenden Bilder können mittels digitaler Bildauswertung bearbeitet werden, um die Form und Größe der Organe (Modellparameter) bestimmen zu können (Dornbusch *et al.*, 2005).

*Schichtenmodell:* Ein mit dem Architekturmodell berechneter Pflanzenbestand (Menge von Dreiecken) befindet sich in einem 3D Standraum mit der Grundfläche  $A_g$  und der Höhe  $z_{max}$ . Um bestimmte Kenngrößen des Pflanzenbestandes in Abhängigkeit der Bestandeshöhe zu charakterisieren ist es sinnvoll, diesen 3D Standraum in  $n$  Schichten der Höhe  $dz$  einzuteilen. Anschließend kann man jeder Schicht die Teilmenge von Dreiecken zuordnen, die sich in ihr befindet. Je nachdem welche Attribute jedem Dreieck zugeordnet werden konnten, kann man z.B. vertikale Profile der Blattflächen- oder Chlorophyll-Flächendichte berechnen, um den Pflanzenbestand zu charakterisieren. Weiterhin kann das Schichtenmodell auch für die Berechnung der organspezifischen Strahlungsinterzeption genutzt werden (Verhoef, 1984).

*Feldversuch:* Im Jahr 2005 wurde ein Freilandversuch in der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt (51°23' Nord, 11°52' Ost) durchgeführt. Die Charakterisierung des Standortes kann bei Altermann *et al.* (2005) entnommen werden. Die Aussaat der Sommergerste (cv. Barke) erfolgte am 29.03.2005 (280 Körner  $m^{-2}$ ). Nach Auflaufen der Pflanzen (EC 12) wurden 60 kg Stickstoff in Form von Kalkammonsalpeter appliziert. Einzelne Teilflächen von 1  $m^2$  wurden auf den Parzellen abgesteckt und Einzelpflanzen markiert. Um die eindeutige Nomenklatur von Trieben nach Skinner und Nelson (1992) zu gewährleisten, wurden diese im Verlauf der Bestockung (EC 30-40) markiert. Bei den sechs Zwischenernten im Verlauf der Ontogenese wurden Einzelpflanzen mit Wurzelballen in einen Topf überführt und die Parameter für das 3D Architekturmodell im Labor nach der oben beschriebenen Digitalisierungsmethode analysiert.

## **Ergebnisse und Diskussion**

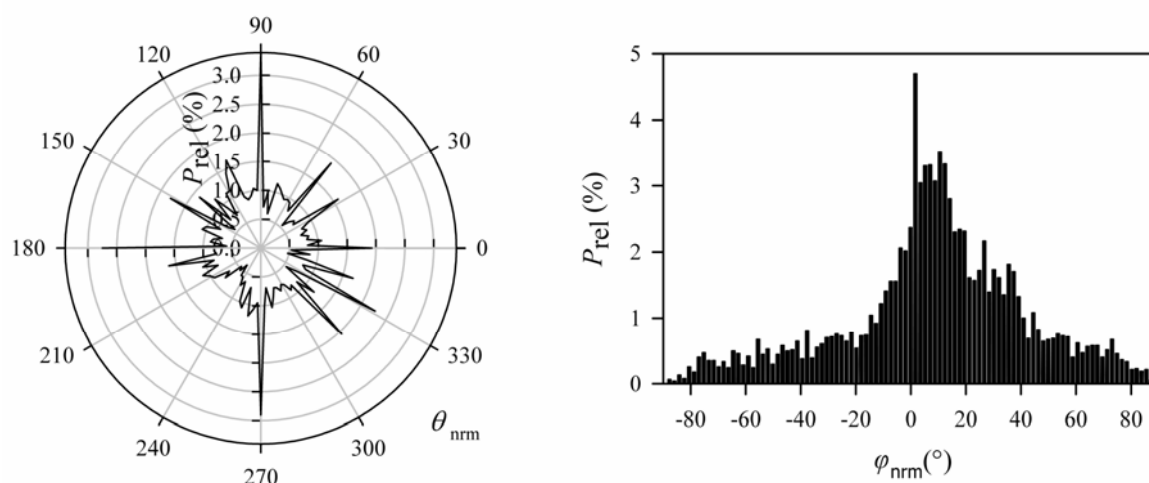
Nachfolgend sollen die erweiterten Möglichkeiten der Charakterisierung von Bestandeseigenschaften durch ein 3D Architekturmodell am Beispiel der Sommergerste erläutert werden. Die Ergebnisse beziehen sich auf den o.g. Feldversuch. Abbildung 1a zeigt 6 Pflanzen, die bei einer Zwischenernte (59 Tage nach Aussaat; EC 43) mit der Silhouettenmethode vermessen (vgl. Dornbusch *et al.* 2005) und mit dem Architekturmodell berechnet worden sind.



**Abb 1:** Darstellung von Kenngrößen eines Pflanzenbestandes; a) Pflanzenbestand aus 6 Einzelpflanzen in 3D Standraum (Box) mit dem vorgestellten Architekturmodell berechnet; b) Vertikales Profil der Blattflächendichte ('leaf area density' LAD) der Blattspreiten (B1 - B8) der jeweiligen Haupttriebe der Pflanzen.

Die Größe der Grundfläche ergibt sich aus dem Reihenabstand (12,5 cm) und der Pflanzendichte ( $280 \text{ Pfl. m}^{-2}$ ). Teilt man den Bestand nach dem o.g. Schichtenmodell in 30 gleichgroße Schichten ein, kann man vertikale Profile von Bestandeskenngrößen berechnen. In Abbildung 1b ist als Beispiel die Verteilung der Blattflächendichte ( $\text{cm}^{-2} \text{cm}^{-3}$ ) in Abhängigkeit der Bestandeshöhe  $z$  für die Blattspreiten der jeweiligen Haupttriebe (B1-B8) dargestellt.

Weitere wichtige Charakteristika eines Pflanzenbestandes im Hinblick auf eine effiziente Beschreibung der organspezifischen Strahlungsinterzeption ist die Blattwinkel-Verteilungsfunktion ( $g(\theta, \varphi)$ ; Azimutwinkel  $\theta$ ; Anstiegswinkel  $\varphi$ ), die bei schichtenbezogenen Strahlungstransfermodellen als Eingangsgröße benötigt wird (Goudriaan, 1988; Verhoef, 1984). Diese Verteilungsfunktion  $g(\theta, \varphi)$  kann durch Pflanzenbestände, die mit dem o.g. Architekturmodell berechnet worden sind, parametrisiert werden. Abbildung 2 zeigt die relative Häufigkeit ( $P_{\text{rel}}$ ) des Auftretens der Winkel der jeweiligen Dreiecksnormalen. Wie Abbildung 2a zu entnehmen ist, kann die horizontale Orientierung der Organoberflächen (Azimutwinkel  $\theta$ ) tatsächlich als zufällig angenommen werden. Betrachtet man dagegen  $P_{\text{rel}}$  des Anstiegswinkels  $\varphi$  (Abbildung 2b) so ist zu erkennen, dass das Auftreten senkrecht orientierter Dreiecke ( $\varphi_{\text{norm}} \approx 0$ ) häufiger ist als das waagerechter ( $\varphi_{\text{norm}} \approx 90$ ;  $\varphi_{\text{norm}} \approx -90$ ). Das ist aufgrund der Tatsache zu erklären, dass senkrecht orientierte Blätter im oberen Bereich des Bestandes die Lichtpenetration in tiefere Bestandesschichten ermöglichen und die Streuung des Lichtes verbessern, um so eine bessere Lichtausnutzung zu erreichen.



**Abb 2:** Blattwinkelverteilung des in Abb. 1a dargestellten Pflanzenbestandes; a) Relative Häufigkeit ( $P_{rel}$ ) des Auftretens des Azimutwinkels  $\theta_{nrm}$  der Dreiecksnormalen, dargestellt in einem Polarkoordinatensystem; b) Relative Häufigkeit ( $P_{rel}$ ) des Auftretens des Anstiegswinkels  $\varphi_{nrm}$  der Dreiecksnormalen.

Das hier kurz vorgestellte 3D Architekturmodell spezifiziert für Sommergerste eröffnet neue Möglichkeiten zur modellhaften Beschreibung bestimmter für die Stoffbildung wichtigen Charakteristika des Bestandes, die für weitere Modelle als Eingangsgrößen dienen. Weiterhin stellt es die strukturelle Komponente im FSPM Modellansatz VICA (Wernecke *et al.* 2000, Wernecke *et al.* dieser Band) für die Kopplung mit einem Modell der Primärproduktion (Müller *et al.*, dieser Band) dar.

## Literatur

- Altermann, M., Rinklebe, J., Merbach, I., Korschens, M., Langer, U. und B. Hofmann 2005: Chernozem - Soil of the year 2005. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 725-740.
- Bonhomme, R. und C. Varlet-Grancher 1978: Estimation of Gramineous Crop Geometry by Plant Profiles Including Leaf Width Variations. *Photosynthetica* 12: 193-196.
- Dornbusch, T., Wernecke, P. und W. Diepenbrock 2005: VICA-E - ein Baustein zur Kopplung von Architektur und Prozessdynamik am Beispiel der Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.). *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 17: 331-332.
- Dornbusch, T., Wernecke, P. und W. Diepenbrock (submitted 29.08.2005): A method to extract morphological traits of plant organs from 3D point clouds as a data base for an architectural plant model. *Ecological Modelling*.
- Godin, C. und H. Sinoquet 2005: Functional-structural plant modelling. *New Phytologist* 166: 705-708.
- Goudriaan, J. 1988: The bare bones of leaf-angle distribution in radiation models for canopy photosynthesis and energy exchange. *Agricultural and Forest Meteorology* 43: 155-169.
- Jiang X. und H. Bunke 1997: *Dreidimensionales Computersehen*. Berlin, Springer-Verlag Berlin.
- McMaster, G.S. 2005: Phytomers, phyllochrons, phenology and temperate cereal development. *Journal of Agricultural Science* 143: 137-150.
- Sievänen, R., Nikinmaa, E., Nygren, P., Ozier-Lafontaine, H., Perttunen, J. und H. Hakula 2000: Components of functional-structural tree models. *Annals of Forest Science* 57: 399-412.
- Skinner, R.H. und C.J. Nelson 1992: Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. *Annals of Botany* 70: 493-499.
- Verhoef, W. 1984: Light-scattering by leaf layers with application to canopy reflectance modeling - The Sail Model. *Remote Sensing of Environment* 16: 125-141.
- Wernecke, P., Buck-Sorlin, G. und W. Diepenbrock 2000: Combining process- with architectural models: The simulation tool VICA. *Systems Analysis Modelling Simulation* 39: 235-277.

## Ansätze zur Modellierung der N-Dynamik nach Winterraps bei variierender Folgefrucht und Bodenbearbeitung

Johannes Henke, Ulf Böttcher, Klaus Sieling & Henning Kage

### Einleitung

Der Anbauumfang von Winterraps hat in den letzten Jahrzehnten durch seine vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten stark zugenommen. Hinsichtlich seiner N-Effizienz gilt Winterraps jedoch als problematisch. Ursächlich hierfür sind der niedrige N-Harvestindex, der frühe Erntezeitpunkt und eine damit verbundene lange Zeit für Mineralisation im Herbst sowie die geringe N-Aufnahme der typischen Nachfrucht Weizen im Herbst. Alle Einzelfaktoren tragen zu teilweise hohen N-Verlusten durch Auswaschung nach Raps bei. Anhand eines kombinierten Ansatzes aus Feldversuch und Simulationsmodell werden produktionstechnische Maßnahmen wie Fruchtfolge und Bodenbearbeitung hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf eine Reduktion der N-Auswaschung nach Winterrapsanbau geprüft.

### Material und Methoden

Der Feldversuch wurde auf dem Versuchsgut Hohenschulen als zweifaktorielle (N-Düngung, Fruchtfolge) Split-Plot-Anlage mit drei Wiederholungen angelegt. Tabelle 1 zeigt die Nachfrüchte vom Raps in Kombination mit der Bodenbearbeitung.

**Tab. 1:** Nachfrüchte vom Raps mit verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen

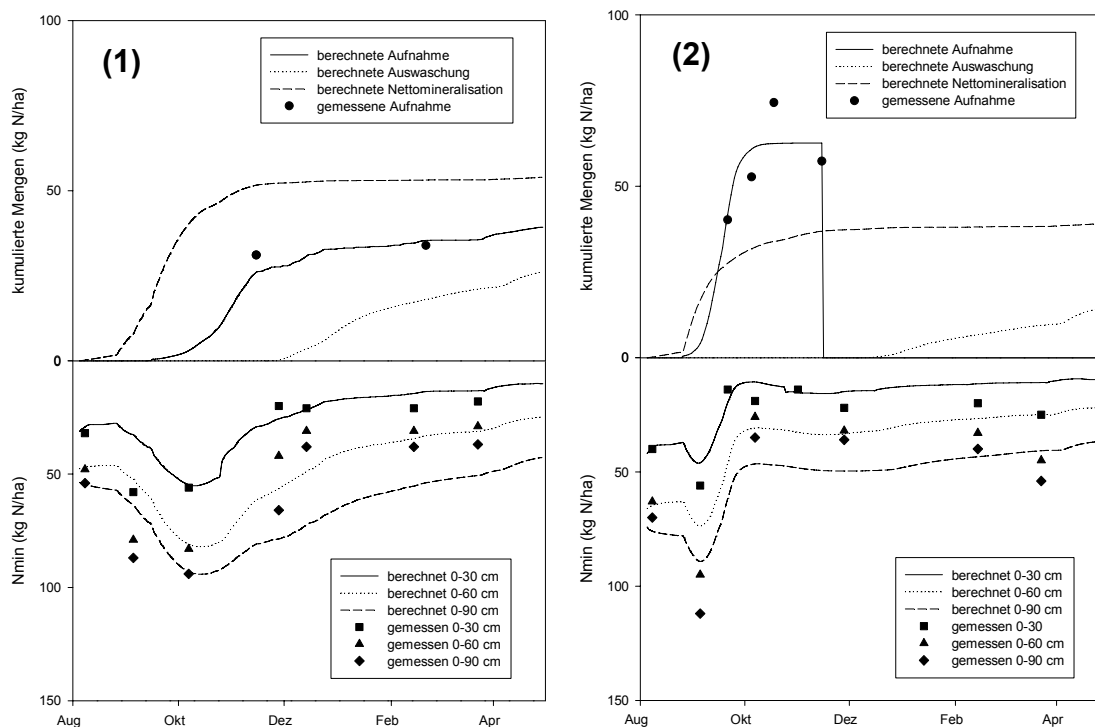
	Variante 1 (Weizen)	Variante 2 (Zwischenfrucht-Sommerung)	
		Ausfallraps	Phacelia
<b>Vorfrucht</b>	<i>Winterraps</i>	<i>Winterraps</i>	<i>Winterraps</i>
<b>Bodenbearbeitung</b>	Kurzscheibenegge		Grubber
	Grubber		Kreiselegge/Drillmaschine
		Ausfallraps	Phacelia
	Pflug		Grubber
	Kreiselegge/Drillmaschine		Kreiselegge/Drillmaschine
<b>Nachfrucht</b>	<i>Winterweizen</i>		<i>Hafer</i>

Zusätzlich zur „Zwischenfrucht“ Ausfallraps in Variante 2 wurde eine Variante „Ausfallraps ohne Ernterückstände“ untersucht, um Mineralisation aus den Ernterückständen und dem Boden zu charakterisieren. Zur Rapserte wurden Rapsstroh und Schotenwände auf ihre C- und N-Konzentrationen untersucht und das C/N-Verhältnis der Ernterückstände ermittelt. Zuvor wurden N-Verluste durch Blattabfall bestimmt. Ab der Ernte wurde der Boden bis ins Frühjahr monatlich auf den  $N_{\min}$ -Gehalt und den gravimetrischen Wassergehalt untersucht. Parallel dazu wurden die aufgenommenen N-Mengen in den Folgefrüchten Winterweizen, Ausfallraps und Phacelia zu mehreren Terminen bis Vegetationsende im Herbst bestimmt.

Das Modell wurde aus bestehenden und neuen Modulen, basierend auf der objektorientierten Klassenbibliothek HUME (Kage & Stützel 1999), erstellt. Dabei wurden Module zur Berechnung der Dynamik des Boden-N-Pools, der Mineralisation der Ernterückstände, der Bodenbearbeitung, der Pflanzen-N-Aufnahme und der N-Auswaschung zu einem Simulationsmodell verknüpft.

## Ergebnisse und Diskussion

Erste Analysen zeigen, dass N aus den Ernterückständen des Rapses kurzfristig nur einen geringen Beitrag zur N-Auswaschung liefert. Aufgrund seines C/N-Verhältnisses von ca. 50 führt die Einarbeitung von Rapsstroh im Boden zu einer N-Immobilisation. Die Bodenbearbeitung führte aber, je nach Intensität, zu einer verstärkten Mineralisation von bodenbürtigem N, was durch die  $N_{min}$ -Verläufe nach den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten eindeutig gezeigt wird (Abb. 1). Ausgewaschenes N stammte daher maßgeblich aus bodenbürtigem mineralisiertem N. Das N-Aufnahmepotential der Folgefrüchte unterscheidet sich stark. Zwischenfrüchte haben bei guter Etablierung ein hohes N-Aufnahmevermögen. So nahm Phacelia im Untersuchungsjahr ca. 70 kg N/ha auf. Die N-Aufnahme des Weizen hing von der Bodenbearbeitung ab und war in der Pflugvariante mit 30 kg N/ha ungefähr doppelt so hoch wie bei flacher pflugloser Bearbeitung. Somit konnten  $N_{min}$ -Gehalte im Boden mit der Zwischenfrucht am stärksten reduziert und damit das Auswaschungspotential am effektivsten gesenkt werden. Bei der errechneten N-Auswaschung zeigten sich zwischen den Varianten Unterschiede, obwohl im Versuchsjahr die Sickerwassermenge, der Haupteinflussfaktor der N-Auswaschung, gering war (Abb. 1).



**Abb. 1:** Berechnete und gemessene N-Dynamik nach Raps mit Nachfrucht Weizen (1) und Phacelia (2)

## Literatur

- Justes, E., Mary, B. & Nicolardot, B. 1999: Comparing the effectiveness of radish cover crop, oilseed rape volunteers and oilseed rape residues incorporation for reducing nitrate leaching. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55: 207-220.
- Kage, H. & Stützel, H., 1999: HUME: an object oriented component library for generic modular modelling of dynamic systems, in Donatelli, C. S. M., Villalobos F. & Villar, J. M. (Hrsg) *Modelling Cropping Systems*, ESA conference, Lleida, Juni 1999, pp. 299-300.



## Modellgestützte Bestimmung von Organflächenindizes aus dem Bestandesflächenindex bei Raps

Johannes Müller, Torsten Behrens & Wulf Diepenbrock

### Einleitung

Die assimilatorische Fläche der Blätter und Schoten ist ein wichtiges Merkmal der Ertragsbildung von Raps (*Brassica napus* L.). Da destruktive Bestimmungen aufwendig sind, wurde ein Modell gestütztes Verfahren zur Ermittlung des Verlaufs der Flächenindizes (FI) der Organe ( $FI_{\text{Organ},i}$ ) aus nicht-destruktiv messbaren Daten des Bestandes-FI ( $FI_{\text{Bestand}}$ ) getestet. Das Modell beschreibt  $FI_{\text{Bestand}}$  als Summe der  $FI_{\text{Organ},i}$ , die mit einer sigmoiden Wachstumsfunktion modelliert werden. Die Modellparameter lassen sich aus Boniturdaten zur Pflanzenentwicklung, allometrischen Beziehungen und durch Modellanpassung an Messdaten von  $FI_{\text{Bestand}}$  bestimmen. Sie können als Kenngrößen für die Ausbildung der  $FI_{\text{Organ},i}$  (Blätter, Schoten, Stängel, Blüten) interpretiert werden. Das Verfahren wurde mit Versuchsdaten für 2 Standorte, mehrere Winterrapssorten und 3 Stufen der Stickstoffdüngung verifiziert.

### Material und Methoden

**Modell:** Das Modell beschreibt den Verlauf von  $FI_{\text{Bestand}}$  als Überlagerung der Verläufe der  $FI_{\text{Organ},i}$ , die durch eine Kombination sigmoider Wachstumsfunktionen approximiert werden. Als besonders geeignet erwies sich die sogenannte Beta-Wachstumsfunktion ( $\beta$ -Funktion; Yin et al., 2003), mit der sowohl symmetrische als auch asymmetrisch-sigmoide Verläufe mit nur vier biologisch interpretierbaren Parametern beschrieben werden können. Aufgrund dieser Eigenschaft können eine Reihe von Modellparametern aus Informationen zur Pflanzenentwicklung (Boniturdaten) und zu allometrischen Beziehungen abgeleitet und die übrigen Parameter mit numerischen Optimierungsverfahren eindeutig geschätzt werden.

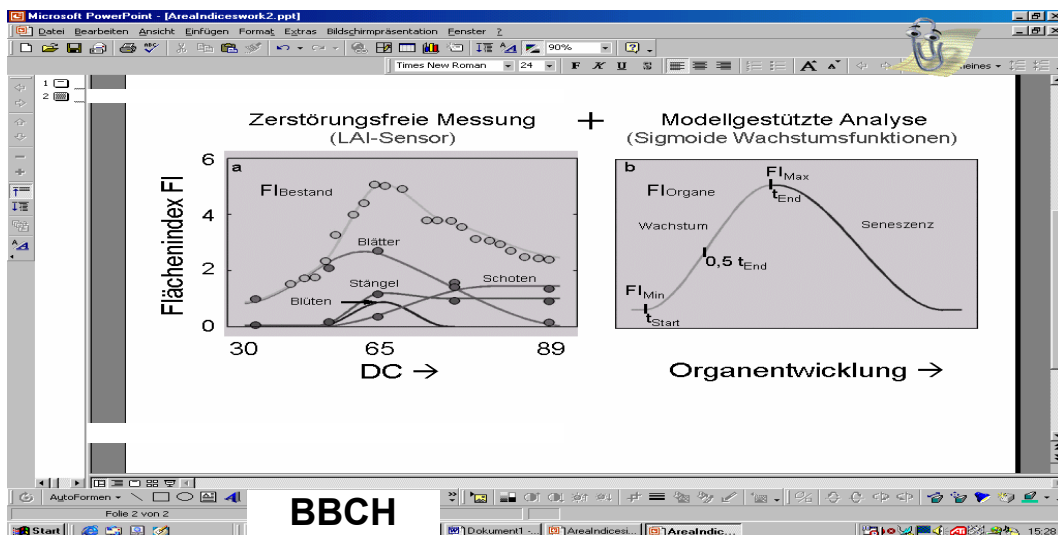
**Experimente:** Die Versuche wurden in Göttingen (G, 2000/01: Apex, Bristol, Capitol, Lirajet, Mohican; 0, 120 und 240 kg N ha<sup>-1</sup>)<sup>1</sup> und Halle/Saale (H, 2002/03: Lirajet; H 2003/04: Apex, Capitol, Lirajet; 0 und 240 kg N ha<sup>-1</sup>) entsprechend der üblichen Feldversuchspraxis durchgeführt.  $FI_{\text{Bestand}}$  wurde nicht-destruktiv ein- oder zweimal pro Woche an 4 Wiederholungspartellen gemessen (LI 2000, Li-Cor Inc., Lincoln, Nebraska, USA). Zu BBCH 30, 60, 69 und 89 (Lancashire et al., 1991) wurde  $FI_{\text{Organ}}$  der Blätter und Schoten (nur Versuch H) von 1 m<sup>2</sup> Beprobungsfläche destruktiv bestimmt (LI-3100, Li-Cor Inc., Lincoln, Nebraska, USA). Die Fläche der Stängel wurde aus Länge und Durchmesser als Zylinder-Mantelfläche geschätzt. Die  $FI_{\text{Organ}}$  dienen hier als Referenzgrößen und wurden nicht zur Parametrisierung genutzt.

---

<sup>1</sup> Daten: F. Wiesler, Institute für Pflanzenernährung, Universität Hannover, in Kooperation mit dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Punkte in Abb. 1a zeigen typische Messdaten zum Verlauf der FI für die Sorte Lirajet, Versuch H 2002/03, 240 kg N ha<sup>-1</sup>. Abb. 1b demonstriert die Eigenschaften der  $\beta$ -Funktion. Bei Vorliegen eines symmetrisch-sigmoiden Wachstumstyps ist der Verlauf der Funktion (vgl. Kurvenast "Wachstum") definiert durch (1) die Parameter für Wachstumsbeginn und -abschluss ( $t_{\text{Start}}$ ,  $t_{\text{End}}$ ; [d]) und (2) die Parameter für die entsprechenden FI ( $FI_{\text{Min}}$ ,  $FI_{\text{Max}}$ ; [m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>]). Der Kurvenast "Seneszenz" kann durch eine  $\beta$ -Funktion mit negativem Vorzeichen in analoger Weise modelliert werden. Diese Parameter lassen sich z.T. sehr einfach entsprechend folgendem hier beispielhaft für das Wachstum der Blätter skizzierten Prinzip bestimmen:  $t_{\text{Start}}$  = Boniturtermin [Tage nach Aussaat] für den Wachstumsbeginn im Frühjahr (BBCH 30);  $t_{\text{End}}$ : Hauptblüte (BBCH 65);  $FI_{\text{Min}} = (1 - s) \cdot FI_{\text{Bestand}}$  mit  $s$  = allometrischer Faktor für den Stängelanteil an  $FI_{\text{Bestand}}$  zu BBCH 30. Die Linien in Abb. 1a zeigen die mit dem Modell geschätzten FI-Verläufe, die sich nach Anwendung der skizzierten Parametrisierungsmethode und numerischer Parameteroptimierung mit dem vollständig parametrisierten Modell berechnen lassen. Damit liegen die  $FI_{\text{organ},i}$  als Zeitreihen und die in Abb. 1b angegebenen Parameter für alle Organe als Kenngrößen vor. Eine detaillierte Beschreibung geben Müller et al. (2006).



**Abb. 1:** a) Messdaten (Punkte) und Modellapproximation; b) Verlauf und Parameter der  $\beta$ -Funktion. Weitere Erläuterungen im Text.

## Literatur

- Lancashire, P.D.; H. Bleiholder, T. van den Boom, P. Langelüddeke, R. Stauss, E. Weber and A. Witzemberger, 1991: A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. Appl. Biol.* 119: 561-601.
- Müller, J.; T. Behrens and W. Diepenbrock, 2006: Use of a new sigmoid growth equation to estimate organ area indices from canopy area index in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crops Res.* 96: 279 - 295.
- Yin, X.; J. Goudriaan, E.A.. Latinga, J. Vos, J.H. Spiertz, 2003: A flexible sigmoid growth function of determinate growth. *Ann. Bot.* 91: 361-371.

## Modellierung von Architektur und Nährstoffaufnahme von Wurzelsystemen am Beispiel von Sommergerste

Michael Kohl, Babette Wienforth & Henning Kage

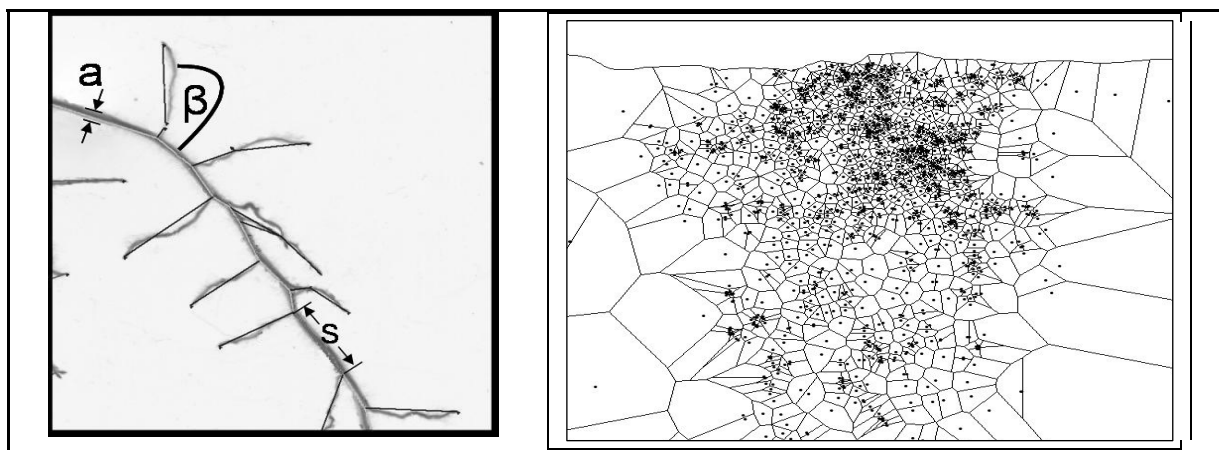
### Einleitung

Wurzelfunktionsmodelle können einen wichtigen Beitrag für die Optimierung pflanzenbaulicher Produktionssysteme leisten. Um die Anwendbarkeit von Modellen für die Praxis zu unterstützen, sollten diese einfach zu handhaben, flexibel und an den jeweiligen, spezifischen Fragestellungen ausgerichtet sein. Die Struktur eines Wurzelsystems ist dabei ein wesentlicher Bestimmungsfaktor für seine Funktion.

Ausgehend von diesen Überlegungen wurden Submodelle der Wurzelstruktur und Wurzelfunktion, die dynamisch über einfache Schnittstellenparameter kommunizieren, entwickelt. Dieser Ansatz erlaubt die Integration des Moduls 'Wurzel' in ein Modell einer virtuellen Gesamtpflanze oder eines virtuellen Pflanzenbestandes.

### Material und Methoden

Das Strukturmodell basiert auf einem ursprünglich von L. Pagès konzipierten dreidimensionalen Wurzelarchitekturmodell (Pagès 1989), das die Wurzelentwicklung mit drei grundlegenden Prozessen (Neuanlage, Wachstum und Verzweigung) simuliert. Dieser Modellansatz wurde erweitert, indem einerseits der Einfluss der in einer bestimmten Tiefe herrschenden Temperatur und andererseits die im Zeitschritt ins Wurzelsystem allozierten Photosyntheseprodukte berücksichtigt wurden. Für die Kalibrierung des Modells wurden ein Feld- und ein Nährlösungsversuch angelegt. Verschiedene Kenngrößen wie Segmentlänge und Wurzeldurchmesser wurden direkt gemessen, Insertionswinkel wurden aus Profilwandaufnahmen geschätzt (Abb. 1).



**Abb. 1, links:** Ausschnitt einer gescannten Gerstenwurzel. S: Segmentlänge, a: Wurzeldurchmesser,  $\beta$ : Insertionswinkel. **Abb. 1, rechts:** Wurzelverteilungsmuster unter Gerste mit berechneten Einzugsgebieten.

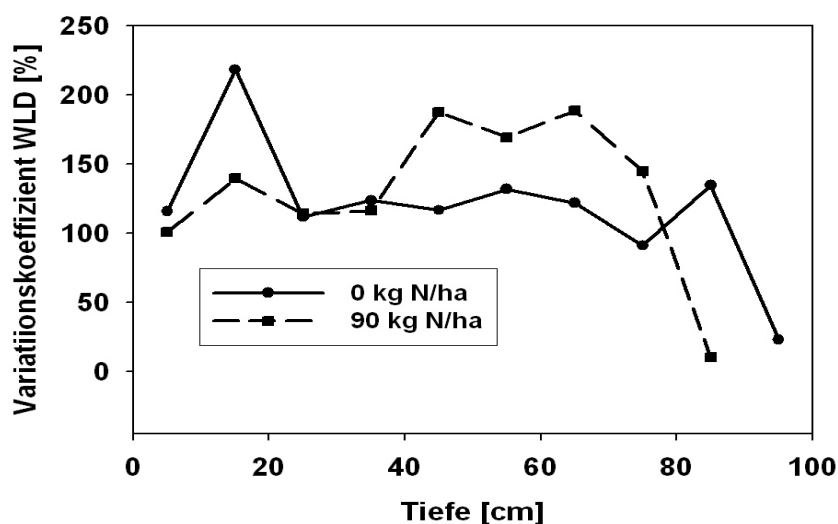
Die Fähigkeit des simulierten Wurzelsystems, den zur Verfügung stehenden Raum zu erschließen, wird quantifiziert, indem analog zu dem Profilwandverfahren Schnittebenen durch das virtuelle Wurzelsystem gelegt werden. Daraus lassen sich Wurzellängendichtewerte für die einzelnen Wurzeln ableiten und deren Variations-

koeffizient errechnen. Diese aggregierten Parameter sind Input für das Modell der Nährstoffaufnahme, welche mit Hilfe des sog. Einzelwurzelmodellansatzes beschrieben werden kann. Das Wurzelsystem wird dabei vereinfacht als ein System parallel angeordneter Bodenzylinder betrachtet. Die Zylinderoberfläche stellt die Grenze des Einzugsgebiets einer Wurzel dar. Innerhalb des Zylinders treten Flüsse nur in radialer Richtung auf. Für bestimmte Bedingungen (z. B. steady state) lässt sich die den Nährstofftransport beschreibende Differentialgleichung analytisch lösen und die Nährstoffaufnahme in bestimmten Bodenschichten berechnen. Dabei wird die Heterogenität der Durchwurzelung berücksichtigt.

Mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen kann dann der Einfluss bestimmter Architekturparameter auf die Nährstoffaufnahme abgeschätzt werden.

### Ergebnisse und Diskussion

Der Variationskoeffizient (VK) der Wurzellängendichte (WLD) weicht bei allen untersuchten Tiefen von der regulären Wurzelverteilung (VK = 0) ab. Lediglich im unteren Bereich der Durchwurzelung ist die WLD gleichmäßiger verteilt (Abb. 2).



**Abb. 2:** Variationskoeffizient der Wurzellängendichte unter einem Gerstenbestand 71 Tage nach Aussaat in Abhängigkeit von der Düngung.

Modellsimulationen prognostizieren einen großen Einfluss variabler Durchwurzelungsintensität auf die Nährstoffaufnahme (Kohl und Kage 2005).

Im Poster sollen Ergebnisse des für Sommergerste kalibrierten Modells vorgestellt werden: Der Einfluss wichtiger Parameter des Wurzelstrukturmodells auf die Aufnahmeleistung des Wurzelsystems wird quantifiziert. Die Prognosegüte des Gesamtmodells wird durch einen Vergleich mit Messwerten aus dem Feldversuch bewertet.

### Literatur

- Wienforth, B. (2006): Untersuchungen zum Wachstum und zur Entwicklung von jungen Wurzeln der Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.), Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18, xxx-xxx.
- Kohl, M., Kage, H (2005): Ansätze zur Abschätzung des Einflusses der Wurzelsystemarchitektur auf die Nährstoffaufnahme der Pflanze, Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18, 381-382.
- Pagès, L., Jordan, M.O., Picard, D. (1989): A simulation model of the three-dimensional architecture of the maize root system, Plant and Soil 119, 147-154.

## Kreuzvalidierung – Eine Methode zur Vermeidung der Überkalibrierung von Pflanzenwachstumsmodellen?

Johanna Link, Simone Graeff, William David Batchelor<sup>1</sup> & Wilhelm Claupein

### Einleitung

In der modernen agrarwissenschaftlichen Forschung werden zunehmend prozessorientierte Modelle eingesetzt, um Prozesse innerhalb der landwirtschaftlichen Produktion abzubilden und zukünftige Produktionsszenarien zu berechnen, sowie um Managemententscheidungen zu unterstützen. Um aussagekräftige und glaubwürdige Ergebnisse zu erzielen, wird eine hinreichende Kalibrierung des Modells vorausgesetzt. Die Kalibrierung des Modells schließt eine Anpassung einzelner Modellvariablen als Ziel- oder Einflussgrößen, wie beispielsweise die Sorteneigenschaften einer bestimmten Kultur, ein. Ziel der Kalibrierung ist eine möglichst präzise Abbildung der tatsächlich ablaufenden Prozesse am jeweiligen Standort. Die erste Gültigkeit des Modells wird durch den Grad der Übereinstimmung von Zielgrößen überprüft, wobei die gemessenen Daten mit den simulierten Daten verglichen werden. Als Maß für die Gültigkeit des Modells wird üblicherweise die Regressionsgerade herangezogen (Carter, 1986). Weitere Möglichkeiten die Gültigkeit des Modells zu überprüfen sind die Berechnung des Bestimmtheitsmaßes, des mittleren quadratischen Vorhersagefehlers (Colson et al., 1995) oder der Wurzel der Quadratfehlersumme (Irmak et al., 2000).

Beim Kalibrierungsprozess selbst ist auf die Problematik der Überkalibrierung hinzuweisen. Denn je präziser das Modell für das Ausgangsszenario angepasst wurde, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Prognosefähigkeit des Modells für weitere Szenarien abnimmt. Power (1993) weist darauf hin, dass eine gute Kalibrierung des Modells nicht unbedingt eine gute Vorhersagekraft des Modells impliziert, weshalb er in der Bewertung der Modelle unterscheidet, wie gut ein Modell die Daten abbildet mit denen es kalibriert wurde und wie gut es unabhängige Daten abbilden kann. Ziel dieser Arbeit war, zu untersuchen, in wie weit die Methode der Kreuzvalidierung als mögliche Vermeidungsstrategie einer Überkalibrierung von Modellen eingesetzt werden kann, um so neben einer guten Kalibrierung auch eine gute Vorhersagekraft der Modelle gewährleisten zu können.

### Material und Methoden

In einem ersten Ansatz wurde die Methode der Kreuzvalidierung für die pragmatische Gültigkeitsüberprüfung des Modells APOLLO (Batchelor et al., 2004) eingesetzt. Als Datensatz wurden Ertrags- und Managementdaten von einem Praxisschlag im Oberrheingraben herangezogen. Auf diesem Schlag wurde über mehrere Jahre die teilflächenspezifische Variabilität in Mais mit Hilfe der Ertragskartierung erfasst und untersucht (Link, 2005). Für die Kreuzvalidierung wurden unterschiedliche Jahre ausgewählt. Der Datensatz wurde geteilt, so dass jeweils vier Jahre für die Kalibrierung des Modells und ein verbleibendes Jahr für die Validierung des Modells herangezogen wurde. Dieser Prozess wurde für alle möglichen Kombinationen durchgeführt. Bewertet wurden die Ergebnisse dieser Kreuzvalidierung anhand des Bestimmtheitsmaßes ( $R^2$ ) und der Wurzel der Quadratfehlersumme (RMSE).

---

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), 70599 Stuttgart

<sup>1</sup> Mississippi State University

## Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Ergebnisse für ein Szenario, in dem die Jahre 2000, 2001, 2002 und 2004 für die Kalibrierung und das Jahr 1998 für die Validierung herangezogen wurden. Es zeigte sich, dass in der Kalibrierung eine gute Übereinstimmung zwischen den simulierten und den gemessenen Körnerträgen erzielt werden konnte ( $R^2 = 0,46$ ). Die Wurzel der Quadratfehlersumme liegt über die Jahre der Kalibrierung bei ca.  $1048 \text{ kg ha}^{-1}$  und weist damit eine breite Streuung der Daten auf. Ähnlich hoch ist der Wert für das Jahr der Validierung ( $1537,39 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Im Gegensatz dazu war das Bestimmtheitsmaß für die Kreuzvalidierung in den meisten Szenarien etwas geringer, hier in diesem Fall lag es lediglich bei  $R^2 = 0,23$ .

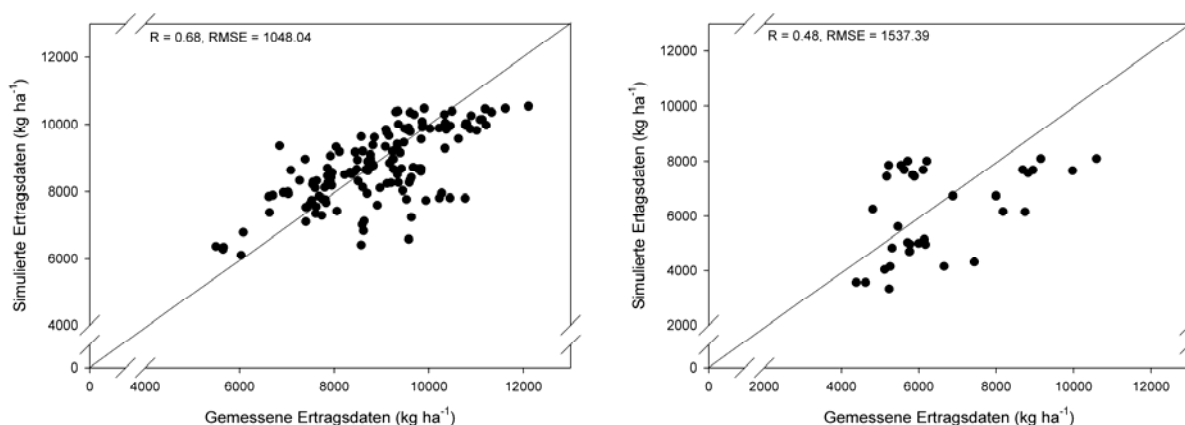


Abbildung 1. Gültigkeit des Modells APOLLO dargestellt anhand der Übereinstimmung simulierter und gemessener Körnermaiserträge ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) für die teilflächenspezifische Kalibrierung (links) und Kreuzvalidierung (rechts) des Modells unter Berücksichtigung der ertragslimitierenden Faktoren.

Das Ergebnis zeigt, dass das eingesetzte Pflanzenwachstumsmodell für die Simulation unabhängiger Ertragsdaten herangezogen werden kann. Zu berücksichtigen ist aber, dass sich die Ursachen für die Ertragsvariabilität hinsichtlich Ausmaß und Wirkung in Abhängigkeit der äußeren Umstände ändern können. Die zeitliche Veränderung der ertragslimitierenden Faktoren findet in der Kalibrierung keine ausreichende Berücksichtigung, so dass ein validiertes Modell auch keine Allgemeingültigkeit erlangt, sondern vielmehr für einen abgesteckten Bereich seine Gültigkeit unter Beweis gestellt hat. Um die Aussagekraft der Modelle weiter zu untermauern, muss dieser Aspekt in zukünftigen Arbeiten stärker berücksichtigt werden.

## Literatur

- Batchelor, W.D., J.O. Paz, K.R. Thorp. 2004. Development and evaluation of a decision support system for precision farming 7<sup>th</sup> International Conference Precision Agriculture, Minneapolis, MN.
- Carter, N. 1996. Simulation modeling. In: McLean, G.D, R.G. Garret, W.G. Ruesink (Eds.), Plant Virus Epidemics. Academic Press, Sydney, N.S.W., 193-215.
- Colson, J., D. Wallach, A. Bouniols, J.-B. Denis, J.W. Jones. 1995. Mean squared error of yield prediction by SOYGRO. *Agron. J.* 87:397-402.
- Irmak, A. J.W. Jones, T. Mavromatis, S.M. Welch, K.J. Boote, G.G. Wilkerson. 2000. Evaluation methods for simulating Soybean cultivar responses using cross validation. *Agron. J.* 92, 1140-1149.
- Link, J. 2005. Erarbeitung einer teilflächenspezifisch angepassten Stickstoff-Düngungsstrategie in Mais mit Hilfe des prozess-orientierten Pflanzenwachstumsmodells APOLLO. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 17, 193-196.
- Power, M. 1993. The predictive validation of ecological and environmental models. *Ecol. Modelling* 68, 33–50.

## Kalibrierung einer Nahsensorikmethode zur Erkennung von Pflanzenkrankheiten unter kontrollierten Bedingungen

Kerstin Gröll, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

### Einleitung

In der heutigen Landwirtschaft besteht ein großer Druck, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren, um einerseits die Belastungen für die Umwelt zu reduzieren bzw. andererseits Produktionskosten zu senken. Aus diesen Gründen ist es notwendig, dass Pflanzenschutzmittel nur an den Stellen im Feld ausgebracht werden, an denen Pflanzenkrankheiten in einem nicht mehr tolerierbaren Umfang auftreten. Neueste Entwicklungen im Bereich der optische Sensoren zeigen, dass Blattkrankheiten direkt unter Feldbedingungen erkannt werden können (West et al., 2003). Ziel dieser Studie ist es daher, in einem ersten Schritt die für eine sensorgestützte Identifizierung von Pflanzenkrankheiten notwendigen Grundlagen zu entwickeln, Wellenlängenbereiche zu identifizieren in denen eine eindeutige Detektion unterschiedlicher Erreger möglich ist und darauf aufbauend mögliche Kalibrierungen zu erstellen. Hierzu wurde in Gewächshaus- und Feldversuchen der Einfluss der Krankheiten *Erysiphe graminis* (Mehltau), *Septoria tritici* (Blattdürre) und *Pseudocercospora herpotrichoides* (Halmbruch) auf die Reflexion von Winterweizen untersucht.

### Material und Methoden

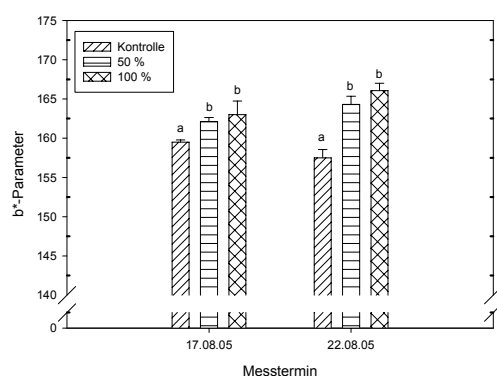
Die Gewächshausversuche wurden an der Universität Hohenheim durchgeführt. Hierzu wurden Winterweizenpflanzen der Sorte Monopol in Mitcherlichtöpfen (5 kg) angezogen und mit den unterschiedlichen Erregern inokuliert. Für die Versuche mit *Erysiphe graminis* und *Septoria tritici* wurden die Inokulumstufen 0 % = Kontrolle, 50 % sowie 100 % in dreifacher Wiederholung angelegt. Für die Versuche mit *Pseudocercospora herpotrichoides* wurden die Inokulumstufen 0 % = Kontrolle, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % sowie 100 % angelegt und ebenfalls dreifach wiederholt. Zur Durchführung der Messungen im Feld wurden drei Versuche auf der Versuchsstation Ihinger Hof (48°44' N, 8°56' E; 687 mm, 7.9 °C) als vollständig randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Es wurde je ein Versuch mit den Krankheiten *Erysiphe graminis*, *Septoria tritici* und *Pseudocercospora herpotrichoides* künstlich inokuliert. Jeder Versuch hatte als Versuchsfaktoren die Winterweizensorten Monopol und Empire, sowie drei Inokulumstufen (Kontrolle = 0 %, 50 % und 100 % Inokulum).

In den Gewächshaus- und Feldversuchen wurde jeweils die Reflexion der Pflanze zum einen mittels einer digitalen Kamera (LEICA S1 Pro, LEICA Kamera AG, Solms, Deutschland) und zum anderen mittels dem Field Spec® Hand Held (ASD, Inc. Boulder, CO, USA) gemessen. Bei der digitalen Kamera ermöglicht der Einsatz verschiedener Longpass-Filter (Maier Photonics, Manchester, VT, USA) die Aufspaltung des gesamten Tageslichtspektrums in kleinere Wellenlängenbereiche. Es wurden Blattscans in den Wellenlängenbereichen 380, 490, 510, 516, 540 und 600 nm sowie in den Infrarotbereichen 490, 510, 516, 540 und 600 IR durchgeführt. Die Blattscans wurden am letzten vollentwickelten Blatt vorgenommen und anschließend im L\*a\*b\*-Farbraum mit der Software Adobe Photoshop® 5.0 ausgewertet. Die Analyse der Parameter a\* und b\* ermöglichte in selektierten, für den Stressfaktor

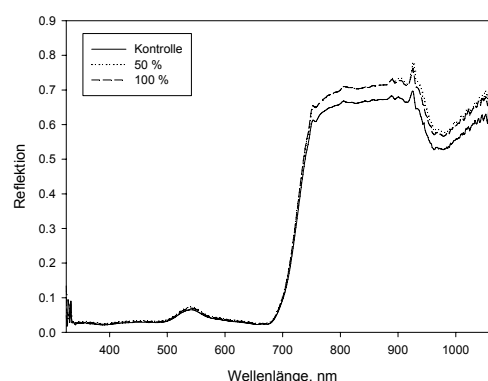
spezifischen Wellenlängenbereichen dessen Identifizierung. Das Feldspektroradiometer Field Spec® Hand Held zeichnet im Spektrum von 325-1075 nm in 1 nm Abständen die Reflexion des Bestandes in 2 m Höhe auf. Für die Auswertung der Daten des Feldspektroradiometers wurden die Indizes Red-Edge (Gitelson and Merzlyak, 1996), NDVI (Rouse et al., 1973), HNDVI (Oppelt, 2002) sowie der Quotient aus R440 und R730 herangezogen

## Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse zeigten, dass ein Erkennen der Krankheiten mittels Sensoren möglich ist. Abbildung 1 zeigt die Änderung des  $b^*$ -Parameters für den Wellenlängenbereich 510-516 nm für die Messtermine 17.08.05 und 22.08.05 unter der Krankheit *Erysiphe graminis*. An beiden Messterminen lag der  $b^*$ -Parameter der Variante 50 % sowie 100 % über der Kontrolle. Der  $b^*$ -Parameter der Variante 50 % und 100 % unterschied sich signifikant vom  $b^*$ -Parameter der Kontrolle. Abbildung 2 zeigt die Änderung der Reflektion unter dem Befall mit *Septoria tritici* gemessen am 21.06.05 mit dem Feldspektroradiometer. Auch hier war eine Änderung der Reflektion erkennbar. Die Werte der Varianten 50 % sowie 100 % lagen über den Werten der Kontrolle. Jedoch konnten mit den angewendeten Vegetationsindizes keine signifikanten Unterschiede hervorgehoben werden. Hier sind noch weitere Untersuchungen mit anderen Indizes notwendig.



**Abb. 1:** Änderung des  $b^*$ -Parameters unter *Erysiphe graminis* im Wellenlängenbereich 510-516 nm im Gewächshaus gemessen mit der LEICA S1 PRO.



**Abb. 2:** Änderung der Reflektion unter *Septoria tritici* Befall, gemessen mit dem Feldspektroradiometer im Feld am 21.06.05.

## Literatur

- West, J.S., Bravo, C., Oberti, R., Lemaire, D., Moshou, D. and McCartney, H.A. (2003): The potential of optical canopy measurement for targeted control of field crop diseases. Annual Review of Phytopathology, Vol. 41:593-614
- Gitelson, A. and Merzlyak, M.N. 1996. Detection of red edge position and chlorophyll content by reflectance measurements near 700 nm. Journal of plant Physiology Vol. 148: 501-508.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351, NASA, Washington, DC, Vol.1: 309-317.
- Oppelt, N. 2002. Monitoring of plant chlorophyll and nitrogen status using the airborne imaging spectrometer AVIS, Ludwig-Maximilians-Universität, Dissertation, chapter 2.5, 3.3.7.3, 3.5.3.1.



## Ursachen für teilflächenspezifische Ertragsvariabilität

Ulf Böttcher & Henning Kage

### Einleitung

Bei den aus eiszeitlichen Moränen entstandenen Böden und der starken Relieferung im Ostholsteinischen Hügelland variieren die Erträge und N-Entzüge von Feldfrüchten kleinräumig. Für eine optimierte, teilflächenspezifische Bewirtschaftung dieser Flächen ist es erforderlich, die Ursachen für diese Variation zu erkennen.

### Material und Methoden

In den Jahren 2002, 2003 und 2005 wurden auf einem 18 ha großen Schlag des Versuchsgutes Hohenschulen bei Kiel mit einem mähdreschergestützten Ertragserfassungssystem gewonnene Ertragskarten von Winterweizen miteinander verglichen und auf Zonen mit Hoch- und Niedrigerträgen untersucht. Dazu wurden die Relativerträge in fünf Klassen gruppiert ( $>1$  Standardabweichung (StAbw) über dem Mittelwert (MW),  $0,5 - 1$  StAbw über dem MW,  $<0,5$  StAbw Abweichung vom MW,  $0,5 - 1$  StAbw unter dem MW,  $>1$  StAbw unter dem MW) und die entstandenen Karten miteinander verschnitten. Daraus ergaben sich Zonen, die immer hohe, mittlere oder niedrige Erträge aufweisen und solche, die sich in den Jahren unterschiedlich verhalten.

Es wurden verschiedene weitere Daten (Reliefdaten, scheinbare elektrische Leitfähigkeiten aus EM38-Kartierung), die zu dem betrachteten Schlag vorliegen, auf mögliche Ursachen für die beobachteten Ertragszonen untersucht. Schließlich wurde die Wasserverfügbarkeit und mögliche Trockenstresseffekte an extremen Standorten mit einem gekoppelten Pflanzenwachstums- und Bodenwasserhaushaltsmodell im Schlag nachvollzogen.

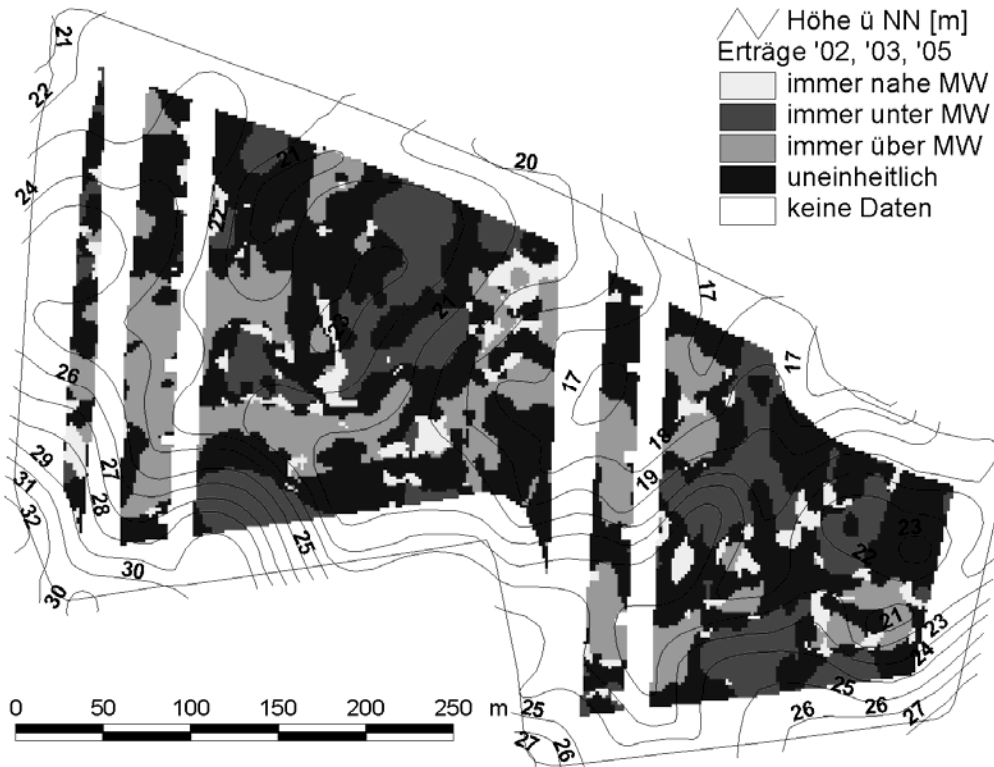
### Ergebnisse und Diskussion

Die erhaltene Karte der Ertragsstabilitätszonen (Abb. 1) und die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Zonen (Abb. 2) zeigt, dass etwa die Hälfte des Schlages über die drei Jahre stabil hohe, mittlere oder niedrige Erträge aufwies, die andere Hälfte wechselte in der Ertragsreaktion zwischen den Jahren.

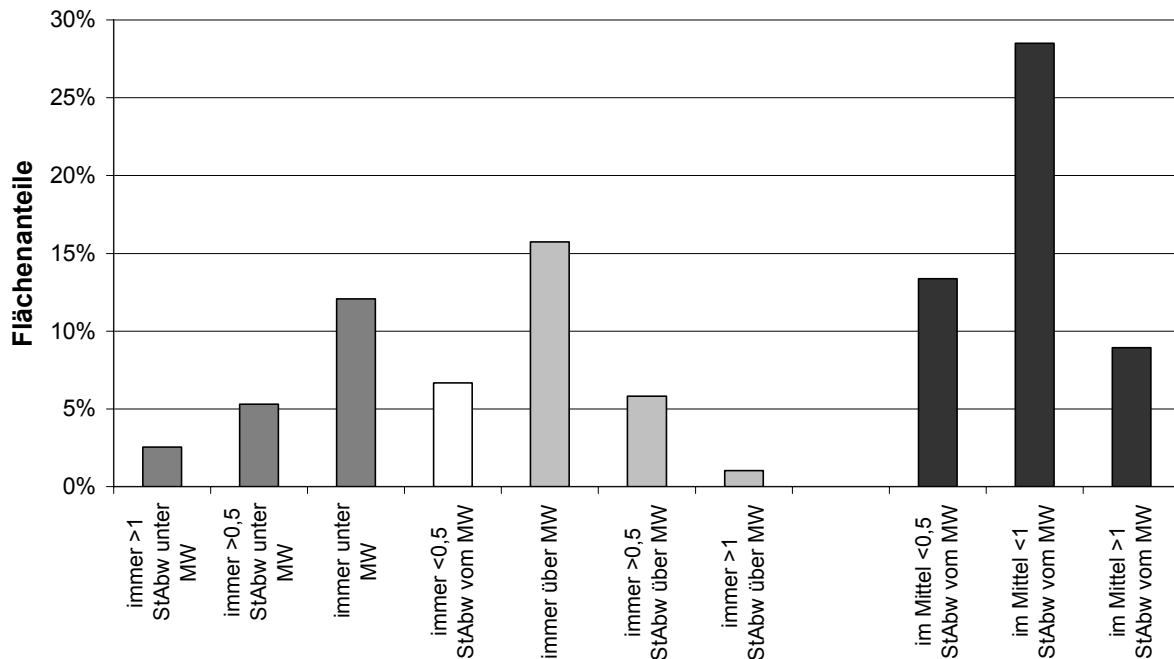
Auf einigen Teilflächen ließen sich Zonen mit stabil hohen Erträgen mit hohen EM38-Werten korrelieren, die auf hohe Ton- und/oder Humusgehalte hinweisen. Der größte Teil der Fläche weist jedoch mittlere EM38-Werte auf, die in keiner Korrelation zum Ertrag stehen. Einige Ertragszonen ließen sich dem Relief zuordnen. Bereiche mit durchweg sehr niedrigen Erträgen ließen sich hauptsächlich (aber nicht ausschließlich) an besonders steilen Hängen finden. Sehr hohe Erträge wurden regelmäßig in einigen Bereichen am Hangfuß erzielt, wo Kolluvien vorliegen.

Es gibt auch Zonen mit variierenden Erträgen, die sich auf Relief und Jahreswitterung zurückführen lassen. So ließen sich Senken finden, die nach dem niederschlagsreichen Frühjahr 2002 sehr niedrige Erträge, nach dem trockenen Frühjahr 2003 jedoch sehr hohe Erträge erzielten. Ebenso gab es auch Kuppen, die in den trockeneren Jahren 2003 und 2005 unterdurchschnittliche, im feuchteren Jahr 2002 jedoch überdurchschnittliche Erträge aufweisen. Dieses hat eine große Bedeutung für teilflächenspezifische Düngestrategien, da eine modellgestützte Simulation des

Pflanzenwachstums und der verfügbaren Bodenwasservorräte so schon zur Düngung im Frühjahr eine mögliche Prognose der möglicherweise durch Trockenstress oder schlechte Bestandesentwicklung auf staunassen Standorten eingeschränkter Ertragsersparung erlaubt.



**Abb. 1:** Zonen hoher, mittlerer und niedriger Erträge sowie in den Jahren unterschiedlich reagierende Zonen auf dem Schlag Hüttenkrog, Hohenschulen.



**Abb. 2:** Häufigkeitsverteilung der unterschiedlichen Ertragsstabilitätszonen.

## **Sensorgestützte Erfassung der räumlichen Variabilität des Proteingehaltes in Winterweizen während der Vegetationsperiode**

Simone Graeff, Jochen Schäfer, Johanna Link & Wilhelm Claupein

### **Einleitung**

Landwirtschaftliche Produktionssysteme werden in ihrer Konzeption und in ihrer praktischen Umsetzung zunehmend auf eine nachhaltige Entwicklung ausgerichtet. Unter dem Gesichtspunkt einer zukunftsweisenden Agrarproduktion finden im Precision Farming zunehmend Aspekte der Produktqualität wie z. B. der Proteingehalt Berücksichtigung. Ähnlich den Ertragsschwankungen in einem Feld existieren teilflächenspezifisch Schwankungen der Anteile an wertbestimmenden Inhaltsstoffen. Geeignete Sensorikverfahren zur Erfassung der räumlichen Variabilität dieser Inhaltsstoffe fehlen bislang bzw. sind derzeit nur in Verbindung mit dem Mährdrusch verfügbar. In zweijährigen Feldversuchen wurde in einem ersten Schritt der N-Tester zur Abschätzung der räumlichen Variabilität des Proteingehaltes von Winterweizen getestet. In einem zweiten Schritt wurde die über den N-Tester während der Vegetationsperiode bestimmte N-Versorgung mit einem Pflanzenwachstumsmodell zur teilflächenspezifischen Bestimmung der dritten N-Düngergabe zur Erzielung eines definierten Proteingehaltes gekoppelt.

### **Material und Methoden**

In den Anbaujahren 2004/2005 und 2005/2006 wurde auf der Versuchstation Ihinger Hof (48° 44' N 8° 56' E, 693 mm, 8.1 °C) der Universität Hohenheim der Einsatz des N-Testers zur Bestimmung des Proteingehaltes und darauf aufbauend zur teilflächenspezifischen Anpassung der dritten N-Düngergabe in Winterweizen untersucht. Zur Erfassung der teilflächenspezifischen Variabilität wurde der Schlag in Grids zu je 36 x 36 m eingeteilt. Innerhalb dieser Grids wurde während der Vegetationsperiode (BBCH 30 – BBCH 75) die N-Versorgung der Weizenpflanzen mittels des N-Testers bestimmt. Parallel zu den N-Testermessungen wurde nach Dumas (1962) die N-Versorgung der Weizenpflanzen chemisch bestimmt und mit den N-Testerwerten korreliert. Basierend auf dieser Korrelation wurde im 2. Versuchsjahr die N-Versorgung der Weizenpflanzen zu unterschiedlichen Zeitpunkten anhand der N-Testermessungen abgeleitet und zur Anpassung der dritten N-Düngergabe unter der Zielsetzung eines Proteingehaltes von 13.5 % herangezogen.

Die Anpassung der dritten N-Düngergabe erfolgte unter Einbeziehung des Modells APOLLO (**A**pplication of **P**recision Agriculture for Field Management **O**ptimization) (Batchelor et al., 2004) mit dessen Hilfe für die einzelnen Grids die mittlere langjährige Ertragserwartung abgeleitet wurde. Dem Apollo-Modell liegt das CERES-Modell für Mais und Weizen zu Grunde. Das Modell wurde für den Schlag mit den Anbaujahren 1994, 1998 und 2003 kalibriert. Bei der Kalibrierung wurden teilflächenspezifisch variable Bodenparameter wie Verdichtungs- oder schwer durchwurzelbare Schichten sowie eine eingeschränkte Wurzelverteilung im Bodenhorizont berücksichtigt. Als weitere Parameter wurden der permanente Welkepunkt sowie die Feldkapazität mit einbezogen. Die simulierte, mittlere langjährige Ertragserwartung wurde mit einem Modell von Makowski et al. (1999) und den mit dem N-Tester bestimmten aktuellen N-Versorgungswerten entsprechend den Gleichungen 1 und 2 gekoppelt und daraus die Höhe der dritten N-Düngergabe abgeleitet.

$$Pr = (p_1 + (p_2 \frac{U}{Y})) - (p_1 + (p_2 \frac{U_t}{Y_t})) \quad [1] \quad (\text{Makowski et al., 1999,}$$

ergänzt)

$$Nb = \frac{(Pr - 2.1544) * Y}{0.2958} \quad [2] \quad (\text{Makowski et al., 1999,}$$

ergänzt)

mit Pr = geschätzter über die 3. N-Düngergabe abzudeckender Anteil Protein [%] an der Gesamtkorntrockenmasse; P1 und P2 sind Modellparameter wobei P1 = 1.36 und P2 = 0.34; U = Gesamt-N-Aufnahme (Korn + Stroh) zum Zeitpunkt Ernte; Y = simulierter Ertrag; Ut = Gesamt-N-Aufnahme zum Zeitpunkt t innerhalb der Vegetationsperiode ermittelt über N-Tester; Yt = Biomasse zum Zeitpunkt t innerhalb der Vegetationsperiode; Nb = resultierender N-Düngebedarf zur dritten N-Gabe.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigten, dass im Verlauf der Vegetationsperiode (BBCH 30 – BBCH 75) eine zunehmend engere Korrelation zwischen N-Tester, N-Konzentration und dem resultierenden Proteingehalt erzielt werden konnte. Entsprechend der mittels N-Tester gemessenen teilflächenspezifischen Variabilität der N-Versorgung und der simulierten Ertragserwartung schwankte die nach Makowski et al. (1999) berechnete Höhe der dritten N-Düngergabe zwischen den einzelnen Grids zwischen 10 und 75 kg N ha<sup>-1</sup> (Abb. 1).

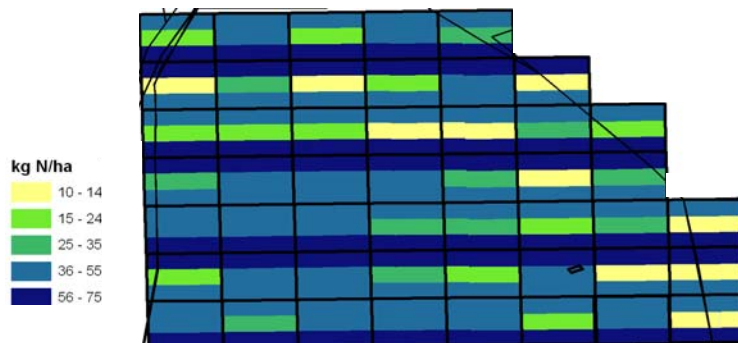


Abb. 1: Verteilung der N-Düngerhöhen für die dritte N-Gabe in den einzelnen Grids basierend auf der sensor- und modellgestützten Ermittlung des N-Düngebedarfs.

Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass der Landwirt basierend auf der Korrelation zwischen N-Tester und Proteingehalt einerseits die Möglichkeit hat, sofern eine ausreichende Variabilität im Proteingehalt vorliegt und die hiervon betroffenen Teilflächen eine entsprechende Größe aufweisen, sein Feld in Bereiche unterschiedlicher Proteinqualität zu unterteilen und einzelne Teilbereiche des Feldes entsprechend unterschiedlicher Produktionsziele getrennt zu ernten. Andererseits besteht durch eine Kombination aus sensor- und modellgestützter Ermittlung des N-Düngebedarfs aber auch die Möglichkeit die dritte N-Düngergabe im Hinblick auf einen angestrebten Proteingehalt während der Vegetationsperiode gezielter anzupassen.

## Literatur

- Batchelor, W.D.; J.O. Paz, und K.R. Thorp 2004: Development and evaluation of a decision support system for precision farming. In: Proceedings of the 7th International Precision Agriculture Conference [CD-Rom], July 25-28, Minneapolis, MN. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, Wi.
- Makowski, D.; D. Wallach und J-M. Meynard 1999: Models of yield, grain protein, and residual mineral nitrogen responses to applied nitrogen for winter wheat. *Agron. J.* 91: 377-385.

## Vergleichende Messungen zwischen dem Bodensensorsystem der Fachhochschule Osnabrück und dem YARA N-Sensor®

Stefan Hinck, Klaus Müller, Norbert Emeis & Olaf Christen<sup>1</sup>

### Einleitung

Vorgestellt werden erste vergleichende Messergebnisse des Bodensensorsystems der Fachhochschule Osnabrück und des YARA N-Sensors®. Das Bodensensorsystem bietet neben dem Einsatzgebiet der dynamischen Messung im Boden auch die Möglichkeit, Messungen oberirdisch in einem Pflanzenbestand durchzuführen.

### Material und Methoden

Der YARA N-Sensor® ermittelt anhand von Lichtreflexion der Pflanzen den Biomassewert und gibt somit Hinweise auf den Entwicklungszustand des Bestands. Die erfasste Messfläche besteht aus 4 Ellipsen, welche räumlich im 45° Grad Winkel nach vorn und hinten neben dem Schlepper ausgerichtet sind. (REUSCH et al. 2002) Es ergibt sich eine streifenförmige Messfläche mit einer Größe von ca. 25 m<sup>2</sup> und einer Breite von ca. 2,40 m, deren äußerer Rand 6,55 m von der Schleppermitte zur Seite entfernt ist. Das Bodensensorsystem erfasst den komplexen elektrischen Leitwert. Die hier gewählte Messgröße ist die elektrische Kapazität (C in pF) der Plattenanordnung, diese wird von der dielektrischen Polarisation beeinflusst (HINCK et al. 2005). Zur Kartierung des Pflanzenbestands wurde das Messsystem oberirdisch in der Schlepperheckhydraulik durch den Bestand geführt. Die beiden Messplatten haben eine Größe von 0,10 m \* 0,20 m, der Abstand beträgt 0,26 m; somit ergibt sich ein Volumen von 0,005 m<sup>3</sup>.

Der äußerste Messbereich des N-Sensors ist ca. 6,50 m von der Schleppermitte entfernt, bei einem Fahrgassenabstand von 10 m überschneiden sich die Messstreifen. Aus diesem Grund wurde ein Raster von 20 m \* 20 m über die Fläche gelegt. Die Messergebnisse innerhalb einer Rasterzelle wurden gemittelt.

Die Kartierung wurde auf zwei Flächen durchgeführt. Zum einen zweimal auf der Fläche „Wellenkamp“ in einem Sommerhaferbestand und zum anderen einmal auf der Fläche „Hemkamp“ in einem Klee grasbestand. Die Kartierung des Haferbestands auf dem Wellenkamp fand am 03.06.2005 und am 22.06.2005 statt; die Entwicklungsstadien waren Blüte bzw. Kornfüllung. Der Bestand hatte eine Höhe von 0,60 m bis 1,10m. Das Bodensensorsystem wurde in einer Höhe von 0,25 m geführt. Weiterhin lagen für die Fläche Wellenkamp Ertragsdaten aus dem Jahr 2005 vor. Die Messung auf dem Klee grasbestand fand am 22.03.2005 stand. Der Klee grasbestand hatte eine Höhe von 0,10 m bis 0,15 m; das Bodensensorsystem wurde in einer Höhe von 0,05 m geführt.

### Ergebnisse und Diskussion

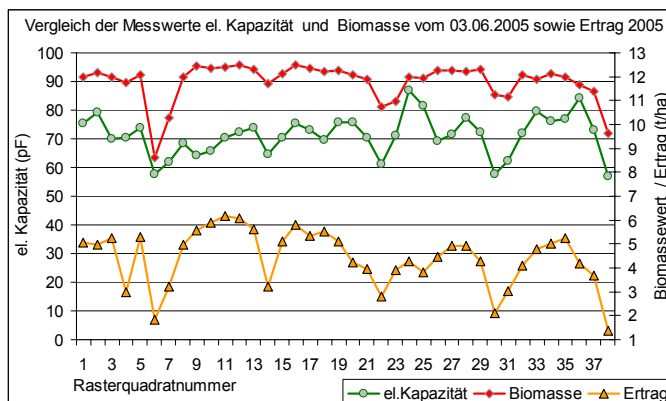
Die Ergebnisse auf der Fläche Wellenkamp zeigen eine gute Reproduzierbarkeit, deshalb werden die Ergebnisse vom 03.06.2005 beispielhaft präsentiert. In Abb.1 ist sehr gut zu erkennen, dass Teilflächen, die mit einem niedrigen Biomassewert mit dem N-Sensor kartiert wurden, ebenfalls ein niedriges Messergebnis mit dem Bodensensorsystem aufweisen. In der Tendenz ist auf diesen Teilflächen ein niedriger

---

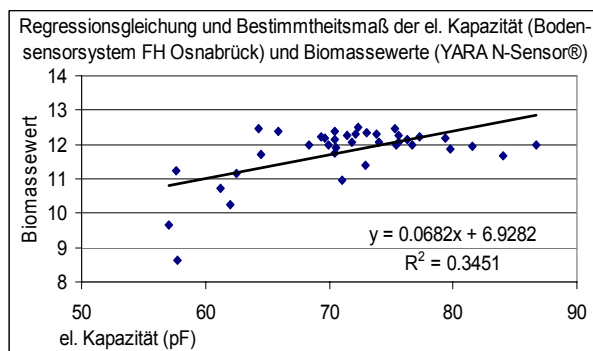
Fachhochschule Osnabrück, Postfach 1940, 49009 Osnabrück

<sup>1</sup> Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle/ Saale

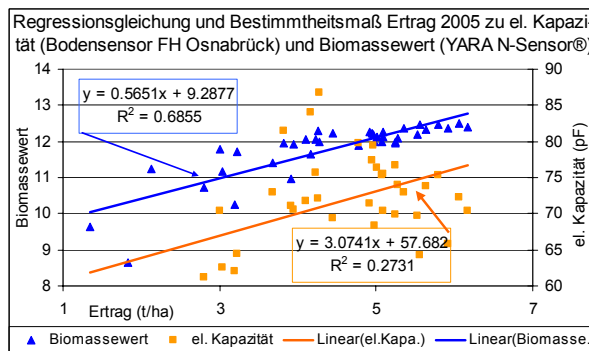
Ertrag zu erwarten. In Abb. 2 ist der Zusammenhang zwischen el. Kapazität und Biomassewert dargestellt. Auffällig ist, dass der Biomassewert den Wert von 12,5 nicht übersteigt, evtl. hat der Sensor den oberen Messbereich erreicht. Die Messwerte für die el. Kapazität zeigen stärkere Schwankungen auch nach oben. Das Bestimmtheitsmaß weist mittlere Werte auf. Der Zusammenhang erwies sich bei weiteren statistischen Untersuchungen als stabil. Es zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Biomassewert und Erntergebnis, dasselbe gilt für den Zusammenhang zwischen el. Kapazität und Erntergebnis (s. Abb. 3). Die Kartierung des Kleeegrases zeigt einen guten Zusammenhang zwischen Biomassewerten und el. Kapazität;  $R^2 = 0,45$ .



Die vorgestellten ersten Ergebnisse lassen die Messung des komplexen elektrischen Leitwertes über Bodenuntersuchungen hinaus auch für Messungen in Pflanzenbeständen sinnvoll erscheinen. Bei den Ergebnissen bleibt zu berücksichtigen, dass das Messvolumen des Bodensensorssystems einen deutlichen geringeren Anteil erfasst als der YARA N-Sensor®. Dennoch weist die Messgröße el. Kapazität einen mittleren Zusammenhang zu den Biomassewerten auf. Soll das Messprinzip „Komplexer elektrischer Leitwertmessung“ für Messungen in Pflanzenbeständen genutzt werden, so sind Modifizierungen am Messaufbau ratsam, um z.B. das Messvolumen zu vergrößern.



**Abb. 2:** Regressionsgleichung und Bestimmtheitsmaß der el. Kapazität und Biomassewerte vom 03.06.2005 auf der Fläche Wellenkamp



**Abb. 3:** Regressionsgleichung und Bestimmtheitsmaß Ertrag 2005 zu el. Kapazität und Biomassewerte vom 03.06.2005 auf der Fläche Wellenkamp

**Literatur**

HINCK, S., EMEIS, N., MUELLER, K., CHRISTEN, O.: "Beprobungsarme Abschätzung pflanzenbaulich wichtiger Bodeneigenschaften auf heterogenen Flächen am Beispiel des Tongehalts mit Hilfe zweier Messsysteme ...", S. 84 - 85 in Mittlg. GFP, Bd. 17, Hrsg.: GFP e.V., 2005.  
 REUSCH, St., LINK, A., LAMMEL, J.: „Tractor-mounted multispectral scanner for remote field investigation“, S. 1385 – 1393 in Proc. of the 6th Intern. Conf. on Precision Agriculture, 14 – 17 Juli 2002. Editor: P.C. Roberts, University of Minnesota, Minneapolis, MN, USA

## **Bestimmung des Trockenmasseertrags von Leguminosen/Gras-Gemengen durch Feldspektroskopische Messungen**

Sonja Biewer, Stefan Erasmi<sup>1</sup>, Thomas Fricke, Martin Kappas<sup>1</sup> & Michael Wachendorf

### **Einleitung**

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit der feldspektroskopischen Erfassung des Trockenmasseertrags verschiedener Leguminosen/Gras-Gemenge. Der Versuch wurde unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus durchgeführt. Damit sollten, insbesondere für die feldspektroskopischen Messungen, äußere Störeinflüsse wie z. B. unterschiedliche Strahlungsintensitäten ausgeschlossen werden.

### **Material und Methoden**

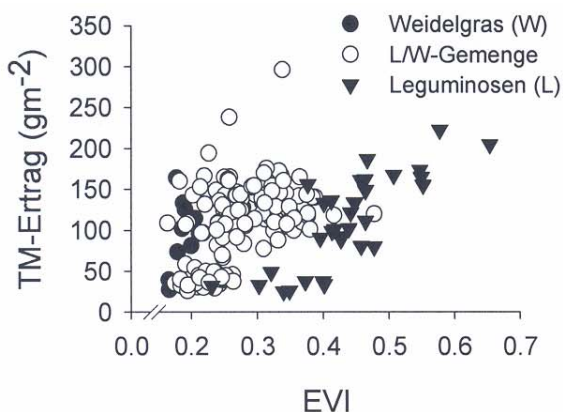
Es wurden 16 verschiedene Varianten in drei Wiederholungen zu vier verschiedenen Entwicklungsstadien geprüft. Neben Reinsaat von Einjährigem Weidelgras, Rotklee, Weißklee und Luzerne wurden drei verschiedene Gemengevarianten in vier unterschiedlichen Ansaatverhältnissen ausgesät. Um Bestände in verschiedenen Altersstufen vergleichen zu können, wurden alle Varianten an vier Aussatterminen in 2wöchigem Abstand gesät. Nach einem ersten Schröpfschnitt, der bei jeder Aussaat nach 9 Wochen erfolgte, standen zum gemeinsamen Erntezeitpunkt 4, 6, 8 sowie 10 Wochen alte Bestände zur Verfügung. Die geerntete oberirdische Biomasse wurde in Gras, Leguminosen und nicht angesäte Arten fraktioniert und 30h bei 65°C getrocknet.

Vor jeder Ernte wurden alle Varianten unter Kunstlichtbedingungen mit einem Spektrometer der Firma Analytical Spectral Devices (ASD) im Wellenlängenbereich zwischen 350 und 2500 nm gemessen. Aus den Daten dieser Messungen wurde der Enhanced Vegetation Index (EVI) Heute & Justice (1999) errechnet und mit den Daten der geernteten Gesamterträge in Beziehung gesetzt; (MW = Mittelwert):

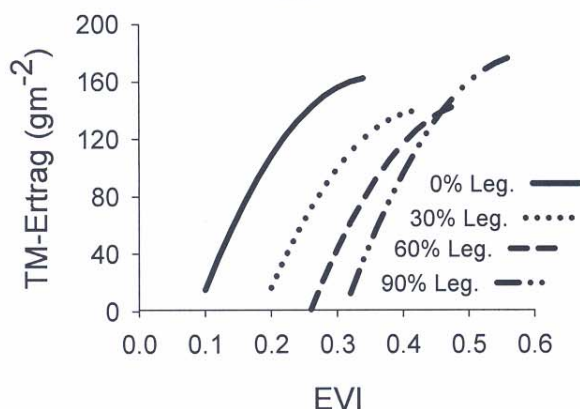
$$\text{EVI} = \frac{((\text{MW } 800\text{nm}-900\text{nm}) - (\text{MW } 650\text{nm}-700\text{nm}))}{(\text{MW } 800\text{nm}-900\text{nm})} + 6 * (\text{MW } 650\text{nm}-700\text{nm}) - 7,5 * (\text{MW } 450\text{nm}-500\text{nm}) + 1) * 2$$

### **Ergebnisse und Diskussion**

Da bei der Feldspektroskopie das gesamte Reflexionssignal eines Bestandes gemessen wird, hat die Bestandesarchitektur einen erheblichen Einfluss auf die Ausprägung der Messwerte. In Abb.1 sind die TM-Erträge von Einjährigem Weidelgras, Leguminosen sowie von Leguminosen/Weidelgras-Gemengen in Abhängigkeit vom EVI dargestellt. Das Weidelgras in Reinsaat weist relativ geringe Werte des EVI auf, wohingegen die Leguminosenreinsaat hohe Werte zeigen. Die Indexwerte der Leguminosen/Weidelgras-Gemenge liegen zwischen denen der Leguminosen - und Grasreinsaat.



**Abb.1:** TM-Erträge von Weidelgras, Leguminosen/Weidelgras-Gemenge und Leguminosenreinsaat in Abhängigkeit von EVI.



**Abb.2:** Trockenmasseertrag in Abhängigkeit vom EVI ( $x_1$ ) und vom Ertragsanteil der Leguminosen ( $x_2$ ).  $R^2 = 0.34$ ; s.e.= 40.2  
 $y = (-123,14) + 1607,7x_1 - 2258,38x_1^2 - 5,42x_2 + 11,81x_1 \cdot x_2$

Die Vermutung liegt hier nahe, dass der Ertragsanteil der Leguminosen im Gemenge die Beziehung zwischen EVI und dem TM-Ertrag beeinflusst. Aus diesem Grund wurde neben dem EVI der Leguminosenanteil als Einflussgröße für die Berechnung des TM-Ertrages aller Gemengevarianten hinzugezogen (Abb.2). Das Ergebnis dieser Regressionsanalyse ergibt einen signifikant negativen quadratischen Effekt des EVI mit einer positiven Interaktion zwischen EVI und dem Ertragsanteil der Leguminosen. Der TM-Ertrag der verschiedenen Varianten nimmt also mit steigendem EVI bis zu einem Maximum zu. Im abfallenden Bereich der Kurve waren keine Messwerte vorhanden, so dass an diesen Stellen die Funktion nicht unterstützt wird und daher auch nicht dargestellt ist. Neben dieser Beziehung erhöhen sich gleichzeitig die Werte des EVI mit zunehmendem Ertragsanteil der Leguminosen im Gemenge. Die Kurve verschiebt sich demnach mit steigendem Anteil Leguminosen in den Gemengen nach rechts. Für die untersuchten Bestände scheint eine Abschätzung des TM-Ertrags durch

den EVI also nicht möglich zu sein, wenn der Leguminosenanteil im Gemenge unbekannt ist.

Dahinter könnte sich aber auch die Tatsache verbergen, dass der Ertragsanteil der Leguminosen auch als Indikator für die Bodenbedeckung dienen könnte. Mit zunehmendem Leguminosenanteil im Gemenge nimmt nämlich auch der Anteil sichtbaren Bodens ab. Das Einjährige Weidelgras der untersuchten Bestände wuchs sehr schnell in die Höhe ohne vorher gut zu Bestocken. Diese in der Praxis unüblichen Pflanzenbestände hatten daher größere Anteile sichtbaren Bodens, obwohl sie einen relativ hohen Biomasseertrag aufwiesen. Zur besseren Schätzung des TM-Ertrags solcher Gemenge sollte aus diesem Grund in weiteren Untersuchungen der Deckungsgrad der Pflanzenbestände mit einbezogen werden.

### Literatur

Heute, A. & C. Justice 1999: MODIS Vegetation Index (MOD 13). In: Jensen, R. 2000: Remote sensing of the environment: an earth resource perspective. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.



## **Abschätzung der Biomasse in Futterbaubeständen mit Hilfe der Ultraschallsensorik**

Thomas Fricke, Maike Himstedt, Sonja Biewer & Michael Wachendorf

### **Einleitung**

Die Kenntnis über schlaginterne Ertragsvariationen in Futterbaubeständen ermöglicht dem Landwirt einerseits eine verbesserte Einschätzung der Ertragssituation und der Nährstoffflüsse, auf der anderen Seite werden aber auch Wirkungen von Standortcharakteristika und Managementmaßnahmen überprüfbar. Zur Erstellung von Ertragskarten sind ortspezifische Messungen notwendig, die in stehenden Beständen durch nichtdestruktive sensorische Verfahren erfolgen können. Hierbei kann die Ultraschallsensorik einen Beitrag leisten (Scotford u. Miller, 2003). In dem nachfolgend vorgestellten Projekt wird die Abschätzung der Biomasse von Futterbaubeständen über Bestandeshöhenmessung mittels Ultraschallsensor überprüft.

### **Material und Methoden**

Aus einem Gefäßversuch mit Leguminosen/Gras-Reinsaat und -Gemengen in 3 Faktorstufen und 3 Wiederholungen (Biewer et al., 2006) wurden vier Reinsaatarten der Arten Rotklee (*Trifolium pratense*), Weißklee (*Trifolium repens*), Luzerne (*Medicago sativa*) und Einjährigem Weidelgras (*Lolium multiflorum* ssp. *westerwoldicum*) ausgewählt. Aufgrund 2-wöchig gestaffelter Ansaatzzeitpunkte standen nach Aufwuchszeiten von 4 – 10 Wochen verschiedene Entwicklungsstadien der Varianten am Beprobungstermin zur Verfügung. So reichte die Entwicklungsspanne des Grases vom Anfang des Schossens bis zum Beginn der Blüte (BBCH 30 - BBCH 61).

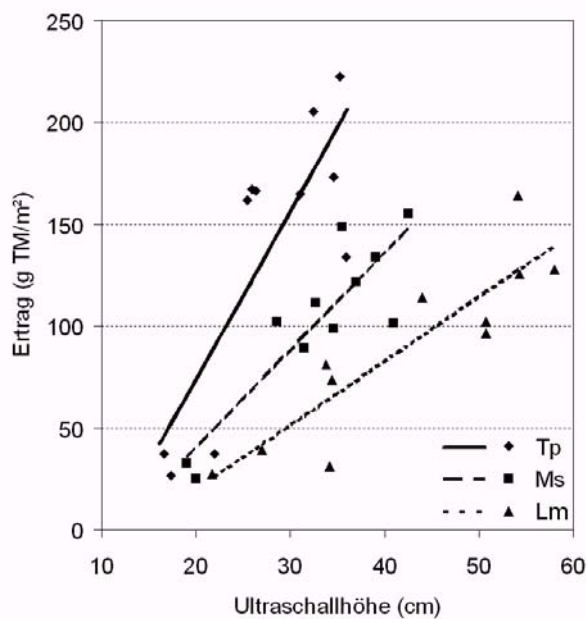
Die Bestandeshöhenmessung erfolgte mit einem Ultraschall-Distanzsensor vom Typ UC2000-30GM-IUR2-V15 der Fa. Pepperl und Fuchs. Der Sensor wurde zur Messung über den Gefäßen auf einem Rahmen in 80 bzw. 100 cm Höhe über Bodenoberfläche platziert. Je Gefäß wurden an 4 radialen Positionen in 7 cm Abstand zum horizontalen Gefäßzentrum je 4 Messungen durchgeführt und daraus der Mittelwert berechnet. Die Bestandeshöhe resultiert aus der Differenz von Montagehöhe des Sensors minus der gemessenen Distanz.

Die Ultraschalldaten wurden regressionsanalytisch auf ihre lineare Beziehung zur Biomasse mit der Prozedur GLM in SAS 9.1 überprüft. Unter Einbezug des Beikrautanteils (in Prozent der Trockenmasse) und quadratischer Glieder sowie Interaktionen aller Parameter erfolgte eine Untersuchung des Beikrauteinflusses auf das Messergebnis.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Bestandeshöhen der Ultraschallmessung weisen mit Ausnahme des Weißklee eine signifikant lineare Beziehung zu den Trockenmasseerträgen der Bestände auf (Tab. 1). Je nach Pflanzenart zeigen die Geraden eine unterschiedliche Steigung

(Abb. 1). Die artspezifischen Unterschiede deuten an, dass die Bestandesstruktur einen entscheidenden Einfluss auf die Abschätzung der Biomasse ausübt. Einerseits scheinen die Biomassen in unterschiedlichen Schichten lokalisiert zu sein, andererseits wird das Signal des Ultraschalls in Abhängigkeit der beschallten Objektstruktur reflektiert. Hierbei beeinflussen vermutlich unterschiedliche Blattstellungen und Triebdichten der Leguminosen und Gräser das Messergebnis.



**Abb. 1:** Beziehung des Ertrags zur Bestandeshöhe der Reinbestände von Rotklee (Tp), Luzerne (Ms) und Einjährigem Weidelgras (Lm).

Eine Ursache für die schlechte Beziehung zwischen Bestandeshöhe und Biomasse beim Weißklee ist der hohe Beikrautanteil, der sich in einer signifikanten Interaktion widerspiegelt. Dieser Effekt war bei den anderen drei Varianten nicht signifikant (Tab.1). Die vergleichsweise niedrigere Bestandeshöhe dieser Kulturpflanze wurde durch die in der Regel höher aufwachsenden Beikräuter verfälscht und ließ daher keine Rückschlüsse auf die Biomasse zu. In beikrautarmen Beständen wären demnach besser Beziehungen zu erwarten.

**Tab. 1:** Beziehungen der Bestandeshöhe zur Biomasse der Futterbaureinseerten. (Beikrauteinfluss:  $R^2$  des Regressionsmodells unter Einbezug von Beikrautanteil, quadratischen Gliedern und Interaktionen)

Art	Gleichung $Y=TM (g/m^2)$ $X=Bestandeshöhe (cm)$	$R^2$	Bestandeshöhe (cm) Min - Max	Beikraut- anteil (% d. TM)	Beikraut- einfluss $R^2$
Rotklee	$Y = 8.2454 X - 90.862$	0.67	17 – 36	5 – 30	n.s.
Weißklee	$Y = 2.8769 X + 13.554$	n.s.	15 – 41	16 – 61	0.92
Luzerne	$Y = 4.77 X - 54.818$	0.79	19 – 43	10 – 40	n.s.
Einj. Weidelgras	$Y = 8.2454 X - 90.862$	0.79	22 – 58	0 – 4	n.s.

## Literatur

- Scotford, I.M. and P.C.H. Miller, 2003: Monitoring the growth of winter wheat using measurements of normalized differenced vegetation index (NDVI) and crop height. Precision Agriculture , Proceedings of the 4th European Conference of Precision Agriculture, Ed. J. Stafford and A. Werner, Wageningen Academic Publishers
- Biewer, S, Erasmi, S., Fricke, T., Kappas, M. u. M Wachendorf, 2006: Bestimmung des Trockenmasseeertrags von Leguminosen/Gras-Gemengen durch Feldspektroskopische Messungen. Mittlgn. d. Gesellschaft f. Pflanzenbauwissenschaften, Band 18, 2006 (in diesem Band).

## Entwicklung einer bildanalytischen Methode zur Abschätzung des Leguminosenanteils in Futterbaugemengen

Maike Himstedt, Thomas Fricke & Michael Wachendorf

### Einleitung

Futterbaubestände weisen in ihrer Zusammensetzung oft eine große Heterogenität auf, die sich auf zahlreiche Leistungsparameter, wie z.B. N-Fixierungsleistung und Ertrag auswirkt. Um die Bestandeszusammensetzung effizienter und flächengenauer ermitteln zu können soll eine indirekte, nicht destruktive Methode entwickelt werden. Ein wichtiges Kriterium hierbei ist der Ertragsanteil der Leguminosen.

Zur Entwicklung der bildanalytischen Methode wurden verschiedene Leguminosen-Gras Gemenge eines Gefäßversuchs digital fotografiert. Erste Ergebnisse der Bildanalyse wurden mit visuell klassifizierten Deckungsgraden der Leguminosen und mit den durch Fraktionierung der geernteten Biomasse erhaltenen Leguminosen-Ertragsanteilen korreliert, um die Genauigkeit der bildanalytischen Methode abzuschätzen. Für die Bildanalyse wurde das Programm Optimas<sup>®</sup> der Firma Media Cybernetics<sup>®</sup> verwendet.

### Material und Methoden

In einem 9wöchigen Gefäßversuch wurden unterschiedliche Leg.-Gras Gemenge unter kontrollierten Licht-, Temperatur- und Feuchtebedingungen untersucht. Angesät wurden Reinsaaten und binäre Gemenge von Rotklee, Weißklee, Luzerne und Deutschem Weidelgras in jeweils vier Wiederholungen. Um Bestände verschiedener Altersstufen vergleichen zu können wurden die Leg.-Gras-Mischungen jeweils in Kalenderwoche (KW) 46, 48 und 50 gesät. Zum gemeinsamen Erntezeitpunkt (35, 49 oder 63 Tage nach Aussaat) standen so Bestände verschiedener Altersklassen zur Verfügung. Für die Bestimmung der Bestandeszusammensetzung wurde zur Ernte die oberirdische Biomasse in Gras, Leguminosen und nicht angesäte Arten fraktioniert. Die Fraktionen wurden für eine spätere Qualitätsbestimmung 18h bei 65°C getrocknet.

Vor jeder Ernte wurden die Varianten mit einer Digitalkamera fotografiert. Ein horizontal in Aufwuchshöhe platzierter Aluminiumrahmen ermöglicht die für die Bildanalyse nötige Georeferenzierung der Bilder mit SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses Version 2.0, 2005) anhand von vier konkreten Eckpunkten.

Die Bildanalyse mit Optimas<sup>®</sup> erfasst den Deckungsgrad der Leguminosen in Prozent der Gesamtfläche des digitalen Bildes (Bildanalyse mit Optimas<sup>®</sup> P<sub>a</sub>). Um eine Referenz zu erhalten, wurden mit dem GIS-Programm TopoL<sup>®</sup> (Version 6.5) bei acht ausgewählten Versuchsbeständen die Leguminosen visuell klassifiziert und durch Umranden der Leg.-Flächen vektorisiert. Ausgewählt waren Gras(G)-, Rotklee(R)-, Weißklee(W)- und Luzerne(L)-Reinsaat, zwei Rotklee gras-Gemenge 8kg/ha (R8G) bzw. 2kg/ha (R2G) Aussaatstärke Rotklee, ein Weißklee gras(WG)- und ein Luzerne gras(LG)-Gemenge der ältesten Bestände. Die in den Bildern vektorisierten Leguminosenbestandteile wurden als Fläche ausgewiesen und in Prozent der Gesamtfläche angegeben (visuelle Bildklassifikation P<sub>v</sub>). Die Ermittlung des Leg.-Deckungsgrades (P<sub>a</sub>) und die Auswahl der optimalen Prozedur mit den Funktionen *Erode* und *Delate* ist im Detail in HIMSTEDT et. al. (2006) beschrieben.

## Ergebnisse und Diskussion

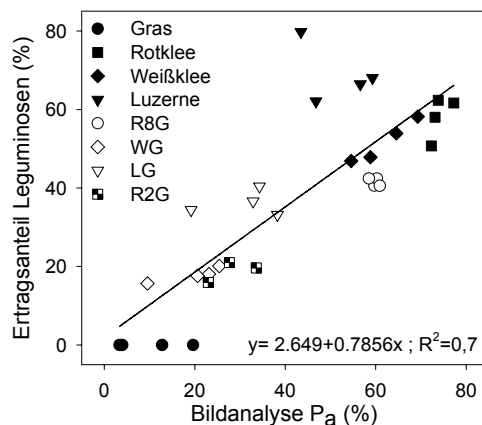
Die ermittelte Prozedur liefert anhand der acht ausgewählten Varianten Leg.-Deckungsgrade  $P_a$ , die in einem sehr engen linearen Zusammenhang zu den visuell klassifizierten Deckungsgraden  $P_v$  stehen ( $R^2=0.94$ ). Es stellt sich die Frage, ob diese Güte auch zwischen  $P_a$  und den gemessenen Leg.-Ertragsanteilen besteht. Das Ergebnis ist in Form einer Regressionsanalyse in Abb. 1 dargestellt, wobei alle Varianten der ältesten Bestände in jeweils vier Wiederholungen untersucht wurden ( $n=32$ ). Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen  $P_a$  und den Ertragsanteilen ( $R^2=0.7$ ), der allerdings nicht ein so hohes Bestimmtheitsmaß wie mit  $P_v$  aufweist. Auffällig ist, dass Rotklee und Weißklee in Reinsaat und Mischung eher auf einer Linie liegen, Luzerne und Gras dagegen abweichen. Bei der Gras-Reinsaat wurden mit der Bildanalyse Leguminosen identifiziert obwohl keine vorhanden waren. Ursache hierfür könnten rundblättrige Beikräuter wie *Stellaria media* und der teilweise sichtbare Boden sein. Die Luzerne dagegen wurde mit der Bildanalyse mit geringerem Deckungsgrad gemessen als die Ertragsanteile ergaben.

Die in Abb.1 dargestellte Gleichung wurde auf die bildanalytisch ermittelten  $P_a$  aller Bestände über die drei Altersstufen angewendet und mit dem anhand der ermittelten Fraktionen gemessenen Ertragsanteilen der Leg. verglichen (Abb.2). Je jünger die Bestände, desto unpräziser werden die Berechnungen. Der Grund hierfür ist der größere Anteil sichtbaren Bodens, der bei der Ermittlung der Prozedur mit den älteren Beständen nicht mit einbezogen wurde. Es bleibt anhand weiterer Versuche zu prüfen unter welchen Bedingungen ein robuster Zusammenhang auch für verschieden alte Bestände besteht und welche weiteren Möglichkeiten der Mustererkennung für die Ermittlung der Leg.-Ertragsanteile eingesetzt werden können (Klassenzugehörigkeitskriterien wie z.B. Rechtwinkligkeit/ Rundheit, Größe).

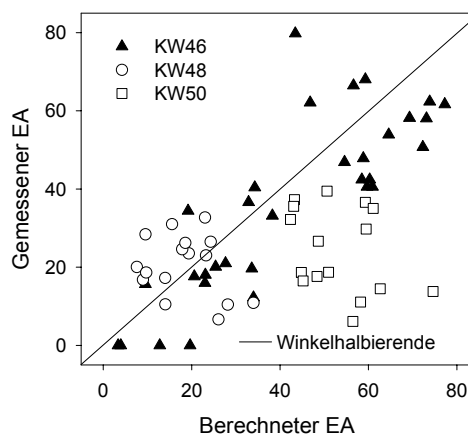
## Literatur

Media Cybernetics The Imaging Experts, 1999, Optimas 6.5 From Images to Answers™ User Guide and Technical Reference, 9. Ausgabe, Silver Spring.

Himstedt, M.; T. Fricke, M. Wachendorf (2006): Abschätzung des Leguminosenanteils in Futterbaugemengen mit Hilfe bildanalytischer Methoden – erste Ergebnisse eines Gefäßversuchs, Mitt. AG Grünland und Futterbau, Ges. Pflanzenbauwiss. (im Druck).



**Abb.1:** Beziehung zwischen Deckungsgrad Bildanalyse ( $P_a$ ) und dem gemessenen Leg.-Ertragsanteil (KW46).



**Abb.2:** Vergleich des berechneten Ertragsanteils ( $y=2.697+0.7856x$ ; s. Abb.1) mit den gemessenen Ertragsanteilen der Leg.-Fraktion von unterschiedlichen Leg.-Gras-Gemengen verschiedener Altersstufen ( $n=64$ )

## **Bitterstoffgehalte des Hopfens im Anbaugebiet Elbe-Saale anhand der Hochalphasorte Hallertauer Magnum**

Lars Gröbe<sup>1</sup>, Gisa-Wilhelmine Rathke<sup>2</sup>, Peter Wieser<sup>3</sup> & Wulf Diepenbrock<sup>1</sup>

### **Einleitung**

Der Hopfen gehört zu den ausdauernden Pflanzen der Gattung *Humulus lupulus* L. und wird vorwiegend im gemäßigttem Klima kultiviert. Er ist wie der Hanf den zweihäusigen *Cannabaceae* zuzuordnen. Landwirtschaftlich genutzt werden nur die weiblichen Hopfenpflanzen, da nur sie die lupulinhaltigen Zapfen ausbilden (Borde et al, 1989). Eine Befruchtung der weiblichen durch die männlichen Hopfenpflanzen muss im Nutzenbau unterbleiben, da durch die Bildung von fetthaltigen Hopfensamen die Schaumfähigkeit des Bieres erheblich beeinträchtigt wird (Borde et al.1989). Mit 1333 ha ist die Anbauregion Elbe-Saale zur Zeit nach der Hallertau in Bayern das zweitgrößte und nördlichste Anbaugebiet Deutschlands (Herzog, 2005). Das Gebiet Elbe-Saale erstreckt sich über die Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Mit 867 ha ist der Hallertauer Magnum die Hauptsorte dieses Anbaugebietes. Mit seinem sehr hohen Bitterwert von 11,0 bis 16,0 % Alphasäuren gehört der Hallertauer Magnum bei den Bitterhopfensorten zu den Hochalphytypen. Der Alphasäuregehalt gilt als brautechnisch wichtigster Inhaltsstoff und somit als Leitsubstanz für die Qualitätsbeurteilung im Hopfenanbau. Aus diesem Grund werden seit neuester Zeit im Hopfenanbau immer mehr Hopfenlieferverträge auf Alphasäurenbasis abgeschlossen. Deshalb ist es jetzt für den Landwirt und die Hopfenforschung interessant zu wissen, auf welche Weise die Alphasäurenbildung von der jährlich am Standort vorherrschenden Witterung beeinflusst wird.

### **Material und Methoden**

Im Rahmen mehrjähriger Untersuchungen (1998-2005) werden am Standort Apolda im Anbaugebiet Elbe-Saale die Alphasäuregehalte der Sorte Hallertauer Magnum miteinander verglichen. Bei der Bodenart des Standortes handelt es sich um einen Braunerde-Tschernosem mit einem kalkhaltigem Löss als Ausgangsgestein. Die langjährige mittlere Temperatur beträgt 8,1 °C, der mittlere Niederschlag liegt bei 578 mm. Die Alphasäurewerte der einzelnen Jahre werden nach den Vorschriften des AHA-Pflichtenheftes zur Ermittlung des Alphasäuregehaltes gemäß der Zusatzvereinbarung zum Hopfenliefervertrag bestimmt. Das für die Alphasäurenuntersuchung vorgesehene Mischmuster wird in einem zertifiziertem Labor vermahlen und nach Analytik EBC 7.4 auf Alphasäuregehalt untersucht.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Der durchschnittliche Alphasäuregehalt des Standortes Apolda lag in den 8 Untersuchungsjahren bei 13,7 %. Die höchsten Alphasäuregehalte wurden im Jahr 2000 mit einem Wert von 14,9 % erreicht. Das zweitbeste Jahr war 2004 mit 14,7 % und die dritthöchsten Alphasäuregehalte konnten 2002 mit 14,2 % erzielt werden.

---

<sup>1</sup> Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle (Saale)

<sup>2</sup> BASF Aktiengesellschaft, Agrarzentrum Limburgerhof, E-APE/DT, Carl-Bosch-Str. 64, 67117 Limburgerhof

<sup>3</sup> Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Pflanzenbau, Referat Nachwachsende Rohstoffe, Apoldaer-Str. 4, 07778 Dornburg

Diese drei besten Jahre unterschieden sich signifikant zu den zwei schlechtesten Jahren 1998 mit 12,5 % und 2003 mit 11,9 %.

In den drei besten Jahren (in der Reihenfolge 2000, 2004, 2002) war die Wärmesumme im August immer höher als im Juli, wogegen sie in den schlechten Jahren 1998 und 1999 immer niedriger war. Dies lässt auf den hohen Einfluss der Temperatur auf die Bildung der Alphasäuren in den letzten Wochen vor der Ernte schließen. Dass sich zu hohe Temperaturen im August aber auch negativ auf den Alphasäuregehalt auswirken, wurde 2003 im Bewässerungsversuch des Anbaugebietes Elbe Saale besonders deutlich. Die hohen Augusttemperaturen des Jahres 2003 mit 13 zusammenhängenden Tagen über 30 °C wirkten sich beim Hallertauer Magnum weniger negativ auf den Ertrag als auf die Qualität aus (Wieser, 2006). Das Jahr 2003 stellte also auch für den Hopfenbau ein Extremwertjahr dar, welches sich besonders in der hohen Augustwärmesumme von 630,2 °C und dem sehr geringen Niederschlag von 25,8 mm zeigte.

Außer für das Jahr 2003 konnte keine Korrelation zwischen Niederschlagsmenge in den Monaten Juni, Juli, August und dem Alphasäuregehalt der einzelnen Jahre festgestellt werden. Damit wird die Hypothese, von Thomas (1980), dass es keine Beziehung zwischen der Niederschlagsmenge in der Vegetationszeit und der Alphasäurenbildung gibt, durch die eigenen Untersuchungen bestätigt.

Abschließend lässt sich schlussfolgern, dass am Standort Apolda bei der Sorte Hallertauer Magnum während der acht Untersuchungsjahre mit einer durchschnittlichen Wärmesumme im August von 576 °C hohe Alphasäuregehalte erzielt wurden. Bei einer Wärmesumme von nur 531 °C im August waren die Alphasäurewerte tendenziell niedriger. Um ausreichend hohe Alphasäuregehalte zu erreichen, dürfen alle anderen für das Pflanzenwachstum essentiellen Faktoren nicht ins Defizit geraten. Eine ausgewogene Niederschlagsmenge und nicht zu hohe Temperaturen sind hier wichtig, denn extreme Hitze und zu wenig Wasser im August (siehe 2003) wirken sich negativ für die Hopfenqualität aus.

## **Literatur**

- Borde K., Chowika Ch., Petermann J., Schmidt U., 1989: Hopfen, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin 1989
- Herzog M., 2005: Von einem, der auszog um Hopfen zu pflanzen. Jahresausgabe der Hopferundschau 2005/2006, 58-61
- Thomas G.G., 1980: Weather factors controlling the alpha-acid content of hops (*Humulus lupulus* L.) Department of Hop Research, Wye College, (University of London), Kent TN25 5AH, UK Journal of Horticultural Science Nr.55 1980 71-77
- Wieser P., 2006: Ergebnisse der Tropfbewässerung im Hopfenbau 2006, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Pflanzenbau, Referat Nachwachsende Rohstoffe, Arbeitsgruppe Hopfen, Dornburg 2006

## **Wirkung von Saatzeitverzögerung, Bestandesdichte und Sorte auf den Fruchtertrag sowie auf den Gehalt und die Zusammensetzung des ätherischen Öls von Anis (*Pimpinella anisum* L.)**

Dominik Blagovic, Feng Yan & Bernd Honermeier

### **Einleitung**

Anis (*Pimpinella anisum* L.) ist eine Fruchtdrogenpflanze (*Anisi fructus*) mit relativ hohem Gehalt an ätherischem Öl und mit spezifischer Zusammensetzung an Monoterpenen. Hauptbestandteil des ätherischen Öls ist das trans-Anethol, das als typischer Geruchs- und Geschmacksträger gilt. Das Anisöl kann auf Grund seiner sekretolytischen, spasmolytischen und karminativen Eigenschaften zur Herstellung von Phytopharmaka genutzt werden. Es wird darüber hinaus u. a. zur Herstellung von alkoholischen Getränken verwendet. Die Pflanze ist für eine Kultivierung in Deutschland relativ gut geeignet. Die Zielstellung der durchgeführten Feldversuche bestand darin, die Spätsaattoleranz und die Wirkung unterschiedlicher Bestandesdichten zweier Anis-Sorten hinsichtlich Drogenenertrag und Drogenqualität zu klären.

### **Material und Methoden**

Durchgeführt wurden im Jahr 2005 ein dreifaktorieller Feldversuche (10 m<sup>2</sup> pro Parzelle, 4 Wiederholungen) am Groß-Gerau (SI). Die Prüffaktoren waren A - Saatzeit (1 = 2. Aprildekade, 2 = 2 Wochen später, 3 = 4 Wochen später), B – Aussaatmenge (1 = 10 g, 2 = 20 g, 3 = 30 g/10 m<sup>2</sup>) und C – Sorte (Nr. 903 und Nr. 904). Die Anisbestände wurden mit 40 kg/ha N unmittelbar zur Aussaat der jeweiligen Saatzeitvariante gedüngt. Die Unkrautbekämpfung erfolgte mit dem Herbizid Bandur (Aclonifen) im Voraufbau mit 3l/ha. In der Versuchsstation Groß-Gerau musste der Feldversuch mit insgesamt 100 mm (in 4 Gaben je 20 mm) beregnet werden. Die Ernte der Anisbestände erfolgte saatzeitspezifisch Ende August, Anfang September und Mitte September 2005 mit einem Parzellenmähdrescher. Die Analyse des ätherischen Öls erfolgte mit Wasserdampf-Destillation. Die Gehalte an trans-Anethol und Estragol wurden mit einem GC detektiert.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Der Feldaufgang der Anispflanzen erfolgte nach 11 d (1. SZ), 15 d (2. SZ) bzw. 14 d (3. SZ). Hinsichtlich Jugendentwicklung, Blüh- und Reifeverlauf bestanden keine Unterschiede zwischen den geprüften Sorten. Mit den gewählten Aussaatmengen wurden im Versuch Groß-Gerau mit der Sorte „903“ Keimdichten von 197 Pfl./m<sup>2</sup> (10 g), 473 Pfl./m<sup>2</sup> (20 g) und 769 Pfl./m<sup>2</sup> (30 g) erzielt. Bei der Vergleichssorte „904“ wurde eine höhere Feldaufgangsrate als bei der Sorte „903“ (312 Pfl./m<sup>2</sup> bei 10 g, 610 Pfl./m<sup>2</sup> bei 20 g, 968 Pfl./m<sup>2</sup> bei 30 g) beobachtet. Es wird vermutet, dass die Sorte „904“ eine höhere Feldkeimfähigkeit als die Vergleichssorte aufwies. Die Standfestigkeit beider Sorten war gut ausgeprägt. Die frühe Aussaat und die Erhöhung der Aussaatmenge führten zu einer leichten Verschlechterung der Standfestigkeit der Anispflanzen. Die Sprossachsenlänge der Pflanzen lag in der Spanne von etwa 50 bis 60 cm. Die Spätsaat und hohe Saatmengen bewirkten eine Verringerung der Sprossachsenlänge.

Hinsichtlich des Fruchtertrages bringen die vorliegenden Ergebnisse deutliche Effekte der Saatzeitverzögerung zum Ausdruck. Die Verzögerung der Aussaat von Anfang April auf Ende April bzw. Anfang Mai führte zu signifikanten und drastischen Abnahmen der Fruchterträge (s. Tab. 1). Interaktionen zwischen Sorte und Saatzeit bestanden nicht. Die Reduktion der Fruchterträge ist auf eine Verminderung der Tausendfruchtmasse und somit z. T. auf eine geringere Fruchtgröße zurückzuführen, die von 2,41 (1. SZ) auf 2,36 (2. SZ) und 1,87 g (3. SZ) abnahm. Daneben ist davon auszugehen, dass durch die Spätsaat auch die Anzahl der Verzweigungen pro Pflanze und somit die Fruchtzahl pro Pflanze bzw. pro Fläche verringert wurde. Darüber hinaus konnte eine Zunahme des Befalls mit Falschem Mehltau und eine Verringerung der TM-Gehalte der Früchte mit Verzögerung der Aussaat beobachtet werden.

**Tab. 1.** Einfluss der Saatzeit, Saatmenge und Sorte auf Fruchtertrag, Tausendfruchtmasse (TFM), Ätherischölgehalt und trans-Anethol-Gehalt von Anis im Feldversuch Groß-Gerau 2005

SZ	BD	SO	Fruchtertrag	TFM	Äther. Öl	trans-Anethol
	-	-	(dt/ha)	(g)	(%)	(%)
1	-	-	11,33 a	2,41 a	3,40 a	92,4 a
2	-	-	7,15 b	2,36 a	3,10 b	92,2 a
3	-	-	4,55 c	1,87 b	3,19 c	90,0 b
-	1	-	8,89 a	2,28 a	3,14 a	91,5 a
-	2	-	7,80 b	2,22 a	3,21 a	91,5 a
-	3	-	6,33 c	2,14 a	3,24 a	91,6 a
-	-	1	8,14 a	2,24 a	3,23 a	91,7 a
-	-	2	7,21 b	2,18 a	3,17 a	91,3 b

Legende: SZ: Saatzeit; BD: Bestandesdichte; SO: Sorte; TFM: Tausendfruchtmasse; Unterschiedliche Buchstaben hinter dem Mittelwert bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern ( $P < 0,05$ , Tukey-Test).

Die Erhöhung der Bestandesdichte bewirkte eine signifikante Abnahme der Fruchterträge von 8,89 auf 7,80 bzw. 6,33 dt/ha (s. Tab. 1). Die Sorte „903“ war der Vergleichssorte im Fruchtertrag überlegen.

Die Anisfrüchte waren durch Ätherischölgehalte von etwa 3,1 bis 3,4 % und durch trans-Anethol-Gehalte von 90,0 bis 92,4 % charakterisiert. Die Gehalte an Estragol waren mit etwa 0,60 bis 0,80 % sehr gering (Werte hier nicht dargestellt). Die Verzögerung der Aussaatzeit bewirkte eine signifikante Reduktion der Gehalte an ätherischem Öl und an trans-Anethol. Die Bestandesdichte hatte demgegenüber keinen gesicherten Einfluss auf die Bildung von ätherischem Öl in den Anisfrüchten. Insgesamt ist festzustellen, dass eine frühe Aussaat (Anfang April) von Anis unter den gegebenen Standortbedingungen eine wichtige Voraussetzung ist, um hohe Fruchterträge und hohe Ätherischölgehalte zu erreichen.



## Optimierung der Saatgutqualität im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau durch physikalische Saatgutbehandlungsmethoden

Hanna Blum<sup>1</sup>, Gudrun Fausten<sup>1</sup>, Eva Nega<sup>1</sup>, Marga Jahn<sup>2</sup>, Ute Gärber<sup>3</sup> & Ina Aedtner<sup>4</sup>

### Einleitung

Bei der Kultur von Arznei- und Gewürzpflanzen stellt das Saatgut einen wichtigen Produktionsfaktor dar. Es treten immer wieder Probleme bei entscheidenden Qualitätsparametern, z. B. Saatgutgesundheit oder Keimfähigkeit auf. Ähnlich der Situation bei anderen Sonderkulturen liegen in vielen Bereichen wenig Erfahrungen oder Forschungsergebnisse vor. Dies betrifft auch die speziellen Wirt-Pathogen-Beziehungen und den methodischen Nachweis der Pathogene.

Ziel eines 2004 begonnenen Versuchsvorhabens ist es, durch praxisrelevante Behandlungsmethoden und -verfahren die Saatgutqualität im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau zu verbessern. Schwerpunktmäßig werden Verfahren berücksichtigt, die für ökologisch produzierende Betriebe relevant sind. Es werden zwei Strategien der Saatgutbehandlung in die Versuchsarbeiten einbezogen: der Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln und physikalische Behandlungsmethoden (Heißwasserbehandlung, Elektronenbehandlung, Vakuumsattdampfbehandlung). Der Einfluss von Saatgutbehandlungen auf die Keimfähigkeit, die Triebkraft und die samenbürtigen Schaderreger wird vorwiegend an Arten der Umbelliferae (Anis, Koriander, Dill, Petersilie, Fenchel und Kümmel) untersucht. Inwieweit eine Primärinfektion der Feldbestände durch die Saatgutbehandlung verhindert werden kann, wird in Labor-, Modell- und Feldversuchen geprüft.

### Material und Methoden

Schwerpunktmäßig werden die Versuchsreihen zur direkten Saatgutbehandlung mit physikalischen Maßnahmen an Kümmel, Petersilie, Fenchel und Koriander dargestellt. Die Elektronenbehandlung wurde von der Firma Schmidt-Seeger AG durchgeführt und die gewählten Parameter entsprechend der Samenschalendicken gewählt und in Tastversuchen optimiert. Das Vakuumsattdampfverfahren erfolgte in einer Modellanlage der Firma SteamLab. Für die Heißwasserbehandlungen wurde am DLR Rheinpfalz ein Laborthermostat genutzt. Pathogenschwerpunkt lag bei Kümmel (*Carum carvi* var. *annuum*) auf dem Anthraknoseerreger *Mycocentrospora acerina*. Für Petersilie (*Petroselinum crispum*) wurden die beiden samenbürtigen Schaderreger *Alternaria radicina* und *Septoria petroselini* bearbeitet. Problematisch bei der Saatgutbehandlung von Körnerfenchel (*Foeniculum vulgare*) sind die weiterhin ungeklärten Fragen zur Pathogenese des Hauptschaderregers *Mycosphaerella anethi*. Der bakterielle Schaderreger *Pseudomonas syringae* pv. *coriand-*

---

<sup>1</sup> Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz, Gruppe Gartenbau am Kompetenzzentrum Gartenbau, Walporzheimer Str. 48, 53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler, Email: [hanna.blum@dlr.rlp.de](mailto:hanna.blum@dlr.rlp.de) ;

<sup>2</sup> Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Integrierten Pflanzenschutz, Kleinmachnow;

<sup>3</sup> Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau, Außenstelle Kleinmachnow;

<sup>4</sup> Pharmasaat GmbH, Artern

*ricola* verursacht an Koriander (*Coriandrum sativum*) Blattflecken und Doldenbrand mit hohen Ertragsausfällen im Anbau. Eine Erstinfektion des Bestandes kann über befallenes Saatgut ausgelöst werden.

### **Ergebnisse und Diskussion**

*Alternaria radicina* und *Septoria petroselini* an Petersilie sowie *Mycocentrospora acerina* an einjährigem Kümmel wurden durch eine Heißwasserbehandlung des Saatgutes deutlich reduziert (Einstellung 50 °C/ 20-30 Minuten). Die Vakuumsattdampfbehandlung bewirkte eine starke Reduktion von *Alternaria radicina* an Petersilie nicht jedoch von *Septoria petroselini*. Der bakterielle Erreger *Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola* an Koriander konnte am Saatgut durch alle drei geprüften physikalischen Maßnahmen effektiv bekämpft werden. Eine ausreichende Keimfähigkeit nach der Behandlung ist bislang nur bei der Heißwasser-(50 °C/20 Min.) und Elektronenbehandlung (95 kV/20 kGy) gewährleistet. In mehreren Versuchsreihen wurde die Wirksamkeit verschiedener Einstellungen der Elektronenbehandlung geprüft. Bei Petersilie zeigte sich beispielsweise die höchste Reduktion von *Septoria*-Sporen bei der Einstellung 100 kV/24 kGy (3083 Sporen/Korn) im Vergleich zu 110 kV/24 kGy (5233) und 115 kV/24 kGy (6400).

Dem Arznei- und Gewürzpflanzenanbau stehen mit der Heißwasser- und Elektronenbehandlung zwei direkte Saatgutbehandlungsmaßnahmen zur Verfügung, die auch im ökologischen Anbau genutzt werden können. Bei einigen Kulturen und Pathogenen konnte eine sehr gute bis befriedigende Wirkung erreicht werden, die im Laborversuch gut nachweisbar, im Feldversuch jedoch oft nicht erkennbar war. Das Verfahren der Vakuumsattdampfbehandlung muss in weiteren Versuchsanlagen geprüft werden. Um eine optimale Wirksamkeit der Behandlung gegen den jeweiligen Schaderreger bei gleich bleibender Keimfähigkeit zu erhalten, müssen die allgemein gültigen Einstellungen der Heißwasserbehandlung (50 °C/20 Minuten) und der Elektronenbehandlung (95 kV/ 20 kGy) exakt für jede einzelne Art und Saatgutpartie optimiert werden.

### **Literatur**

Nega, E.; Ulrich, R.; Werner, S. und Jahn, M. 2001: Zur Wirkung der Heißwasserbehandlung gegen samenbürtige Pathogene an Gemüsesaatgut. *Gesunde Pflanzen*, 53:117-188

## **Seed yield and $\gamma$ -linolenic acid content of Evening primrose (*Oenothera biennis* L.) dependent on nitrogen nutrition and harvest time**

Azim Ghasemnezhad & Bernd Honermeier

### **Introduction**

The seeds of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) are known as a source of  $\gamma$ -linolenic acid, which is used as both medicament and nutritional supplement. Only a little information exists about the effect of different sowing times on oil yield and fatty acid composition of evening primrose. The aim of the executed experiments was to clarify the effects of different doses of nitrogen fertilizer and different harvest times on seed yield, oil content, protein content, linolenic acid content and  $\gamma$ -linolenic acid content of evening primrose

### **Material and methods**

During 2004 and 2005 two pot experiments (autumn-sown and spring-sown experiments) were conducted at the pot research station Rauischholzhausen with the German cultivar "Anothera". The experimental design was split plot based on randomized block with 6 replications in which nitrogen was applied as main factor and harvest time as sub factor. The following factors/treatments were studied: nitrogen concentration (NC): 1- 0.5 g N/pot, 2- 1.0 g N/pot, 3- 2.0 g N/pot and harvest time (HT): 1- first harvest time (all capsules were green), 2- second harvest time (two weeks after first harvest) and 3 - third harvest time (two weeks after second harvest). The following parameters were analysed: seed yield, oil content (extracted by soxhlet), protein content (measured by CHNS elemental analyzer EA 1110) and linoleic acid and  $\gamma$ -linolenic acid content (by GC Varian CP-38009).

### **Results and discussion**

In both experiments the seed yield was influenced by different levels of nitrogen (table 1). The highest seed yield was obtained by the pots which contained 2.0 g N/pot. The seed yield difference between the treatments 0.5 g N and 1.0 g N was very big in comparison with smaller differences between 1.0 g N and 2.0 g N. Nitrogen is known to have positive effect on plant vegetative growth. This probably is the reason for formation of more branches and capsules thereby producing the observed highest seed yield. As presented in table 1, in autumn sown experiment the seed yield was not influenced by different harvest times. In contrary to that in spring sown experiment an interaction between harvest time and nitrogen was observed. This interaction shows a significant harvest time effect only at the highest level of nitrogen concentration. In this nitrogen treatment (2.0 g N) the seed yield has been increased from 24.3 to 33.1 g by delayed harvest of two weeks. It can be supposed that higher N concentration induces a delayed seed ripeness. For that reason only in this N treatment a delayed harvest time led to increased seed amounts per pot.

In all experiments both oil and protein content were significantly influenced by nitrogen. As presented in table 1, the lowest amount of oil was obtained from the pots, which received 2.0 g N/pot. Contrary to that 0.5 g N/pot increased the oil accumulation in the seeds. It can be supposed that nitrogen fertilizer has had a negatively

influence on oil accumulation of the seeds. The oil content in autumn sown experiment was significantly influenced by different harvest times. In spring sown experiment between different harvest times and nitrogen fertilisation an interaction was observed. The highest amount of protein content was produced by the plants, which received 2.0 g N/pot. This result indicates that there is a negative correlation between oil and protein content of the seeds.

**Table 1:** Effect of nitrogen concentrations and harvest times on the seed yield, oil content, protein content, linoleic and  $\gamma$ -linolenic acid content of the seeds of *Oenothera biennis*, autumn (A) and spring (S) sown experiment 2004-2005

NC	HT	SY		OC		PC		LA		GLA	
		A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
1	1	13.0	15.9	27.0	28.1	12.6	12.5	72.5	71.6	7.4	7.2
1	2	12.3	16.1	28.7	30.1	12.6	12.8	72.2	72.3	7.4	7.3
1	3	13.2	17.9	28.6	27.9	12.6	12.8	72.0	72.5	7.4	7.2
2	1	21.8	24.9	27.8	27.8	13.9	13.9	72.0	73.4	7.9	7.8
2	2	22.0	24.6	28.0	27.1	14.0	13.8	72.4	72.6	7.6	7.6
2	3	22.9	26.3	27.9	27.1	13.9	13.5	72.5	72.9	7.7	7.7
3	1	23.7	24.3	26.3	23.5	15.2	15.4	72.7	72.1	8.4	8.3
3	2	24.8	33.1	27.2	26.5	15.7	15.3	73.7	72.9	9.2	8.9
3	3	25.6	32.0	26.6	25.6	16.1	16.2	73.8	72.5	9.3	9.2
1	-	12.8	16.5	28.1	28.8	12.6	12.6	72.2	72.1	7.4	7.2
2	-	22.2	25.1	27.9	27.4	13.9	13.8	72.3	73.0	7.7	7.7
3	-	24.2	29.6	26.7	25.2	15.7	15.6	73.4	72.5	7.9	8.7
-	1	19.5	21.7	28.0	26.5	13.9	13.9	72.4	72.3	7.9	7.8
-	2	19.7	24.6	27.0	27.9	14.1	14.0	72.7	72.6	8.0	7.9
-	3	20.6	25.4	27.7	26.9	14.2	14.1	72.8	72.7	8.1	8.0
NC	LSD <sub>5%</sub>	2.0	1.6	0.65	0.67	0.41	0.38	0.55	0.53	0.19	0.20
HT		ns	1.1	0.65	0.67	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NC*HT		ns	2.8	ns	1.2	ns	ns	ns	ns	0.32	0.35

NC-nitrogen concentration, HT-harvest time, SY-seed yield (g/pot), OC-oil content (% DM), PC-protein content (% DM), LA-linolenic acid (%), GLA- $\gamma$ -linolenic acid (%)

The content of linolenic acid (LA) was significantly influenced by different doses of nitrogen in both experiments. In autumn sown experiment the highest LA content was produced in the pots which contained 2.0 g N/pot (73.4 %). Contrary to that in spring experiment the highest amount of LA content was observed in the pots, which were supplied by 1.0 g N/pot. The content of  $\gamma$ -linolenic (GLA) acid was affectively influenced by an interaction between nitrogen and harvest time. In both experiments the highest content of GLA was observed in the pots with 2.0 g N. The increase of GLA, which was affected by nitrogen in spring experiment, was stronger than those in autumn experiment. A combination of higher N concentration and late harvest led to increased GLA contents. The reason for this effect could be the improved assimilation capacity of the plants and the elongated seed development stage. According to these results it can be concluded that a long seed ripeness stage and a moderate nitrogen nutrition of the evening primrose plants is necessary for obtaining good seed quality.

## **Morphologische und tageszeitliche Einflüsse auf den Gehalt an Polyphenolen in den Blattdrogen der Artischocke (*Cynara cardunculus*)**

Christian Matthes, Feng Yan, Sajid Ali & Bernd Honermeier

### **Einleitung**

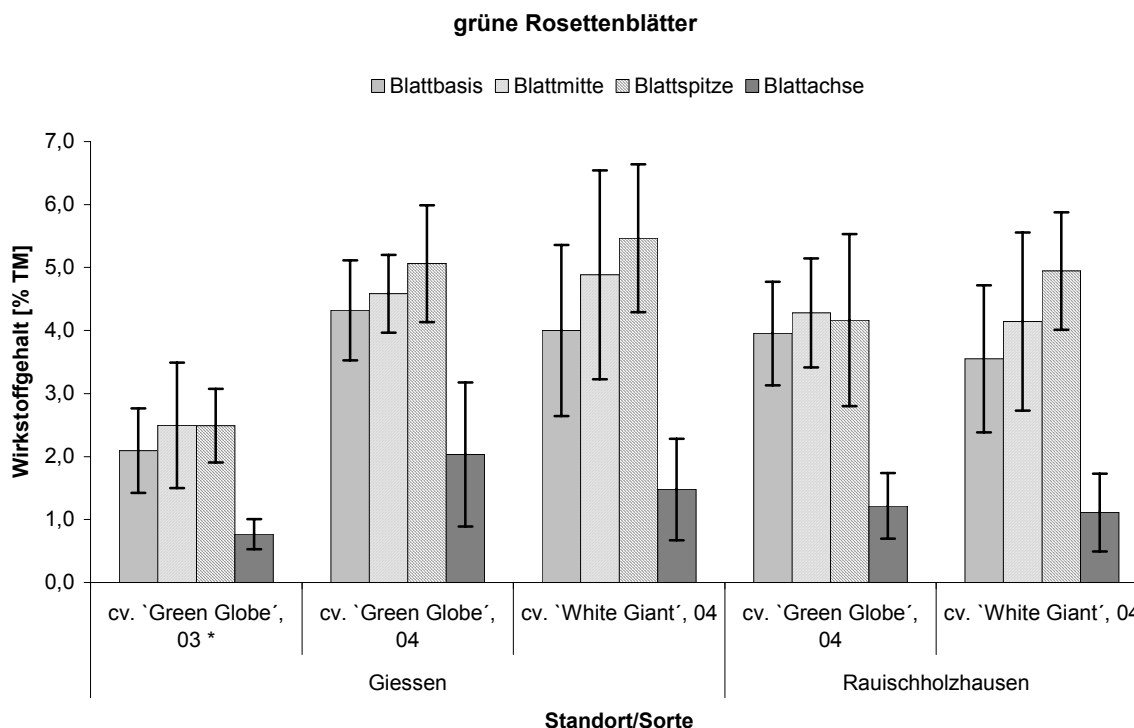
Die Artischocke (*Cynara cardunculus* L. ssp. *flavescens* Wikl.) kann als Gemüse- und als Arzneipflanzen genutzt werden. In den Pflanzenorganen der Artischocke sind phenolische Verbindungen (Derivate der Kaffeesäure und Flavonoide) enthalten, denen cholesterinsenkende und hepatoprotektive Eigenschaften sowie Effekte der Senkung dyspeptischer Symptome zugesprochen werden. Die Synthese von Polyphenolen und Flavonoiden ist in hohem Maße von Umwelteinflüssen (Licht) und physiologischen Faktoren (Photosynthese, Entwicklungsverlauf) abhängig. Für die Kultivierung von Artischocken als Blattdrogenpflanze ist die Kenntnis dieser Zusammenhänge mit dem Ziel der Sicherung guter Blattdrogenqualitäten von großer Bedeutung. Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, morphologische und entwicklungsphysiologische Einflüsse auf den Gehalt und die Verteilung der Wirkstoffe in der Artischockenpflanzen aufzuklären.

### **Material und Methoden**

Es wurden in den Jahren 2003 und 2004 Gefäß- und Feldversuche mit den Sorten „Green Globe“ (blühfreudiger Knospen-Typ) und „White Giant“ (Blatt-Typ) durchgeführt, die als Erntezeitenversuche konzipiert waren (s. Matthes & Honermeier 2004). Die Durchführung der Feldversuche erfolgte in der Versuchsstation Gießen (einfaktorielle Blockanlage,  $r = 4$ , Aussaat Anfang April mit 4 Pfl./m<sup>2</sup>, 40 kg/ha N zur Aussaat, manuelle Ernte). Den Parzellen wurden jeweils 6 repräsentative Einzelpflanzen entnommen, deren Pflanzenorgane separiert wurden (Blattachse, Blattspreite, Blattbasis, Blattmitte, Blattspitze). In den Gefäßversuchen (1 Pflanze/Gefäß) wurden die Pflanzen in gleicher Weise aufbereitet. Die Wirkstoffe (Caffeoylchinasäuren/CCS und Flavonoide) wurden an den getrockneten und gemahlten Blattproben mit HPLC, modifiziert nach einer Methode von Brand & Weschta (1991) detektiert.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Ergebnisse bringen charakteristische Verteilungsmuster der Caffeoylchinasäuren-Verbindungen in den Blättern der Artischockenpflanzen zum Ausdruck. Innerhalb der Blätter sind die Gehalte an CCS-Verbindungen in den Blattachsen mit max. 2 % der TM am geringsten (s. Abb. 1). Eine Abtrennung der qualitativ geringwertigen Blattachsen von den Blattspreiten während der Aufbereitung der Blattdroge nach der Ernte kann daher die CCS-Gehalte der verarbeiteten Blattdrogen deutlich verbessern. Betrachtet man die Blattspreiten, dann sind an den Blattspitzen mit 2,49 % TM (Green Globe 2003) bis max. 5,46 % TM (White Giant Gießen 2004) in der Regel die höchsten Gehalte an CCS-Verbindungen festzustellen (s. Abb. 1). Die Wirkstoffgehalte nehmen innerhalb des Blattes von der Blattbasis bis zur Blattspitze zu.



**Abb. 1:** Gehalte an CCS-Verbindungen (in % TM) in den Blättern der Artischocke (Feldversuch Gießen 2003 + 2004, Gefäßversuch Raischholzhausen 2004)

Die Gehalte an Flavonoiden (hier nicht dargestellt) unterliegen dem gleichen Verteilungsmuster in den Blättern wie die CCS-Verbindungen. Gesicherte Unterschiede zwischen den Sorten bestehen in dieser Hinsicht nicht. In vergilbten Blättern waren die Gehalte an CCS-Verbindungen und Flavonoiden drastisch reduziert. Junge Blätter weisen höhere Gehalte an CCS-Verbindungen auf als ältere, voll entwickelte Blätter. Auch innerhalb eines Tagesverlaufes scheinen Unterschiede in den Gehalten an CCS-Verbindungen in den Blättern zu bestehen. Niedrige CCS-Werte in den Mittagsstunden stehen höheren CCS-Werten in den späten Nachmittagsstunden gegenüber (Werte hier nicht dargestellt), was auf einen Tageslichteinfluss hindeutet. Die Ergebnisse zeigen insgesamt, dass die Synthese der CCS-Verbindungen in hohem Maße von den Belichtungsverhältnissen innerhalb eines Pflanzenbestandes sowie vom physiologischen Pflanzenalter und von der Photosyntheseaktivität der Pflanze bzw. Blätter abhängig ist.

## Literatur

- Brand, N. & H. Weschta 1991: Die analytische Bewertung der Artischocke und ihre Präparate. Zeitschrift für Phytotherapie 12: 15-21.
- Matthes, Ch. & B. Honermeier (2004): Bildung pharmazeutisch relevanter Wirkstoffe in der Blattdroge der Artischocke (*Cynara cardunculus* L. subsp. *flavescens* Winkl.), Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16, 237-238.

## **Möglichkeiten der Dormanzbrechung bei *Harpagophytum procumbens* (Burch.) DC.**

Regina Schenk, Sandy Golm, Ina Pinker & Rolf Franke<sup>1</sup>

### **Einleitung**

Die entzündungshemmende Wirkung der Teufelskralle wird als Teedroge oder in Phytopharmaka zur Behandlung von arthritischen Beschwerden und in der Rheuma-Therapie genutzt. Die natürlichen Verbreitungsgebiete sind die sandigen Gebiete Namibias, der Südwesten Botswanas und die nördliche Kapregion der Republik Südafrika. Der Bedarf an Rohware hat in den letzten Jahren stetig zugenommen, so dass es bereits seit einigen Jahren Bestrebungen gibt, diese Pflanze in Kultur zu nehmen. Die Effektivität eines Anbaus über die Anzucht von Jungpflanzen wird jedoch durch ungleichmäßige und geringe Keimraten erschwert. Die Keimfähigkeit unbehandelter Samen ist sehr niedrig und liegt zwischen 1,4% bis 5,7% (ERNST et al. 1988). Diese geringe Keimfähigkeit wird durch die in der Testa und Samenhaut erzeugte Dormanz verursacht. Durch Anwendung von Gibberellinsäure kann die durch das äußere Endospermhäutchen verursachte Dormanz gebrochen werden. Voraussetzung für diese Wirkung ist, dass die Testa entfernt oder ausreichend durchlässig gemacht wird, so dass die Gibberellinsäure effektiv das Endospermhäutchen angreifen kann.

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden die Samen von *Harpagophytum procumbens* verschiedenen Methoden der Samenbehandlung unterzogen und anschließend das Keimverhalten untersucht.

### **Material und Methoden**

Zur Vorbehandlung wurden jeweils 100 Samen mit folgenden Mitteln, Methoden und Zeiten behandelt:

- Schwefelsäure (konzentriert - 15 min, 50% - 15/ 20/ 25 min, 20% und 25% - 1h bis 2,5h)
- NaOH (0,2% / 0,4% und 0,8% - 24h)
- KOH (0,2% / 0,4% und 0,8% - 24h)
- Aceton (24h)
- Heißwasser

Zur Unterstützung der Wirkung der einzelnen Mittel erfolgte die Behandlung unter Zusatz von Kies und im Schüttler.

Zur Kontrolle wurde an 100 Samen die Testa von Hand entfernt.

Für die Keimprüfung wurden die Samen in einem Glaskolben 1h in Gibberellinsäure geschüttelt und anschließend auf Keimbecher nach Eifrig zur Keimung aufgelegt. Die Keimtemperatur betrug konstant 25 °C.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Fruchtkapsel der Teufelskralle gehört zu den Trampelkletten. Sie ist ca. 6 cm lang und 2-3 cm breit. Um den Kapselrand sind meist 12- 16 bandförmige Auswüchse kranzförmig angeordnet, die 2-3 cm lang, leicht gebogen und mit scharfen,

---

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Albrecht-Thaer-Weg 5, D-14195 Berlin

<sup>1</sup> Salus Haus Dr. med. Otto Greither Nachf. GmbH & Co. KG, Bahnhofstraße 24, D-83052 Bruckmühl/Obb.

klauen- und ankerförmigen Widerhaken besetzt sind. Die holzige und stabile Frucht enthält ca. 80 Samen mit einem durchschnittlichen Tausendkorngewicht von 16g. Die Samenschale hat eine wabenartig strukturierte Oberfläche mit dunkler braun – grauer Färbung und einem leicht silbrigen Schimmer. Das Endosperm besteht aus vier häutigen Zellschichten. Die äußere Zellschicht ist beige- braun und kutinisiert. Auch der Samenschale ist eine starke kutinisierte Schicht aufgelagert. Die Samen können über lange Zeit potentiell voll keimfähig im Boden überdauern (BLANK, 1973).

Wird die Testa bei den vorliegenden Untersuchungen von Hand entfernt und anschließend der Samen mit Gibberellinsäure behandelt, führte das zu einer Keimfähigkeit von 56 %. Für die Praxis ist diese Methode durch den hohen Zeitaufwand, den das Entfernen der Testa erfordert, jedoch nicht geeignet.

Bei einer Behandlung der Samen mit konzentrierter Schwefelsäure wird die Testa vollständig entfernt oder gebrochen. Etwa 10 bis 15 % der Samen waren durch die Säurebehandlung so stark geschädigt, dass sie von der nachfolgenden Keimprüfung aussortiert werden mussten. Die konzentrierte Schwefelsäure hat eine aggressive und schnelle Wirkung, jedoch sind die Verluste hoch und die Ergebnisse schwanken. Beim Einsatz verdünnter Schwefelsäure sind längere Behandlungszeiten erforderlich, die Möglichkeit einer Optimierung der Wirkung ist darüber aber eher gegeben. Die folgende Keimfähigkeitsprüfung zeigte, dass mit dieser Methode in Verbindung mit einer Gibberellinsäurebehandlung (0,05%) eine Keimrate bis 51% erzielt werden kann.

Die Behandlung mit Natron- oder Kalilauge hatte in Kombination mit einer Kieszugabe bei einer Konzentration von 0,4% die beste Wirkung auf die Keimfähigkeit der Samen. Bei der Behandlung mit Natronlauge blieben bis zu 28% und mit Kalilauge bis zu 43% der Samen frisch. Hier könnte eine Wiederholung der Behandlung die Ergebnisse verbessern. Höhere Konzentrationen (0,8%) führten im Mittel zu den niedrigsten Keimraten.

Bei einer Behandlung der Samen mit Aceton über 24 Stunden wurde in Kombination mit einer Kiesbehandlung eine hohe Keimfähigkeit von 52% erreicht. Ohne Kiesbehandlung war die Keimrate deutlich geringer.

Eine Heißwasserbehandlung der Samen führte zu keinem Erfolg.

## Literatur

Blank, R. J.: Voraussetzungen und Möglichkeiten für einen feldmäßigen Anbau der Wildpflanze *Harpagophytum procumbens* ( Teufelskralle ). Diss., Abteilung für Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim 1973.

Ernst, W.; Tietema, T.; Veenendaal, E.M.; Masene, R.: Dormancy, germination and seedling growth of two Kalaharian perennials of the genus *Harpagophytum*. Journal of Tropical Ecology 4, 185-198.



## Inkulturnahme von *Cimicifuga racemosa* (L.) NUTTALL

Regina Schenk, Grit Jähnisch-Martens & Irina Göhler<sup>1</sup>

### Einleitung

*Cimicifuga* wurde von den Indianern Nordamerikas seit langem als Arzneipflanze genutzt. Heute haben sich Extrakte aus dem *Cimicifuga*-Wurzelstock in klinischen Studien und Anwendungsbeobachtungen als wirksam und gut verträglich bei der Therapie von neuro- und psychovegetativen klimakterischen Beschwerden erwiesen. *Cimicifuga racemosa* L. (Traubensilberkerze, black cohosh), syn. *Actea racemosa* L. ist eine ausdauernde Pflanze, die in den Laubwäldern Nordamerika beheimatet ist. Die Pflanze besitzt aufrechte Stängel mit großen, fast grundständigen, 2- bis 3-fach gefiederten Laubblättern. Die langen, schmalen, traubigen Blütenstände mit cremefarbenen Blüten blühen von Juni bis September. Die Pflanze bildet ein kräftiges Rhizom und aus den Achseln der Niederblätter entspringen sprossbürtige Wurzeln. Zurzeit wird die Droge über Wildsammlungen gewonnen (LYKE 2001). Voraussetzung für die Herstellung von Phytopharmaka ist eine qualitativ hochwertige und standardisierte Pflanzenrohware. Diese hohen Anforderungen kann ein gezielter Arzneipflanzenanbau besonders gut sicherstellen. Wildgesammelte Rohware kann im Hinblick auf unbekannte Kontaminationen, Verfälschungen oder standortbedingte Unterschiede belastet sein.

Für den Anbau der Traubensilberkerze (*C. racemosa*) liegen bisher keine Erfahrungen vor. Es gibt keine Erkenntnisse über den Erntezeitpunkt, Einfluss von Standortfaktoren und Düngungsmaßnahmen. In dem 2001 begonnenen Forschungsprojekt zur „Inkulturnahme von *Cimicifuga racemosa*“ werden deshalb grundlegenden Fragen des Anbaus untersucht.

### Material und Methoden

In den Jahren 2001 bis 2005 wurden an den Standort Berlin-Dahlem und Blumberg folgende Feldversuche durchgeführt.

- Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes  
Versuchsanlage mit 24 Parzellen, pro Parzelle wurden 3 Reihen gepflanzt mit jeweils 7 Pflanzen, die Reihen- und Pflanzabstände betragen jeweils 50 cm, 14-tägige Proberodungen von April bis Oktober
- zum Einfluss von Beschattung (2 Stufen), Bewässerung (2 Stufen) und Mulchen (3 Stufen), Feldversuch als dreifaktorielle randomisierte Spaltanlage mit 4 Wiederholungen
- zum Einfluss von Düngungsmaßnahmen (7 Stufen), Feldversuch als einfaktorielle randomisierte Blockanlage
- um intraspezifische Verfälschungen ausschließen zu können wurde eine Sammlung verschiedener Arten und Accessionen angelegt

Die Ernte erfolgte Ende September bis Anfang Oktober. Die Pflanzen wurden per Hand gerodet, die Rhizome gewaschen und getrocknet. Frisch- und Trockenmasse wurden erfasst, Extraktivstoffgehalte und ausgewählte Inhaltsstoffe wurden bestimmt.

## Ergebnisse und Diskussion

Bei der ersten Ernte im Jahr der Pflanzung (Oktober 2001) wurde ein durchschnittlicher Wurzeleertrag (Trockenmasse) von 47,4 g pro Pflanze ermittelt, der bis zum Herbst 2002 auf 135,1g pro Pflanze anstieg. Im darauf folgenden Jahr ist ein weiterer Anstieg auf 184 g pro Pflanze bis September zu verzeichnen. Der Ertragszuwachs im 3. Jahr lässt sich vor allem auf die Zunahme des Rhizoms zurückführen. Der Extraktivstoffgehalt sinkt mit der Entwicklung des Blattapparates bis zum Blühbeginn Mitte Juni und steigt im Oktober mit dem Absterben der Blätter wieder an. Als Ergebnis aus den Untersuchungen wird ein Erntetermin im Herbst nach 3 Jahren vorgeschlagen.

Die natürlichen Standorte der Traubensilberkerze (*C. racemosa*) sind lichte Laubwälder mit feuchten humusreichen Böden. Sie bevorzugt frische bis feuchte oder anmoorige und halbschattige Lagen mit guter Wasserführung (COMPTON 1992). Im Versuch förderte die Beschattung die Bildung von Krautmasse, wirkte sich jedoch negativ auf den Wurzeleertrag aus. Eine Bewässerung führte tendenziell zu höheren Erträgen. Wurde der Pflanzenbestand nicht bewässert, wirkte sich Mulchen mit organischer Substanz oder Folie positiv auf den Wurzeleertrag aus. Die Unterschiede im Extraktivstoffgehalt sind nicht signifikant. Tendentiell wirkt sich eine gute Wasserversorgung positiv aus.

Durch eine Stickstoffdüngung von 60 kg/ha KAS pro Jahr stieg der Wurzeleertrag gegenüber der ungedüngten Variante auf 114 %, bei 180 kg/ha KAS auf 130 %. Eine gleichzeitige Gabe von 60 kg/ha N und 180 kg/ha K führte zu keinem Mehrertrag. Die Nährstoffentzüge liegen für N bei 120 bis 200 kg/ha, für K bei 120 bis 170 kg/ha und für P um 25 kg/ha. Die Extraktivstoffgehalte wurden durch eine Düngung nicht beeinflusst.

Um Verfälschungen und Verwechslungen zu vermeiden, ist eine sichere Bestimmung der Spezies erforderlich. Dazu wurden aus Botanischen Gärten und dem Zierpflanzenhandel verschiedene Arten zusammengetragen und aufgepflanzt. Insgesamt wurden aus 26 verschiedenen Quellen 65 Accessionen gepflanzt. Auf Grundlage der phänotypischen morphologischen Merkmale erfolgte eine taxonomische Einordnung und Bestimmung der Arten. Dabei erwiesen sich 22 von 65 Accessionen als falsch. Es konnten die Arten *C. racemosa*, *C. rubifolia*, *C. foetida*, *C. simplex* und *C. japonica* identifiziert werden. Die Arten *C. americana* und *C. dahurica* wurden nicht gefunden.

## Literatur

- Compton, J., 1992: A bane of name for a fine plant. The garden, Journal of the Royal Horticultural Society, Vol.117, Part. 11, Nov.1992
- Lyke, J. 2001: Conservation status of *Cimicifuga rubifolia*, *C. americana* und *C. racemosa*. Medicinal Plant Conservation, Aug. 2001, 20-24

## **Biogaserzeugung aus Kartoffelabfällen: Prozess, Rückstände, pflanzenbauliche Verwertung**

Karen Sensel, Roland Aigeltinger & Frank Ellmer

### **Einleitung**

In einem Kartoffelveredlungsbetrieb im Freistaat Sachsen wurde unter Praxisbedingungen die Vergärung von Kartoffelabfällen als Monosubstrat zur Biogaserzeugung untersucht. Neben dem Energieträger Biogas fallen jährlich ca. 30.000 t Gärrückstand (GRS) an. Bezüglich der biochemischen Charakterisierung und der Verwendung von Gärrückständen insbesondere aus organischen pflanzlichen Reststoffen liegen in Deutschland bisher kaum verwertbare Erkenntnisse vor. In dem Forschungsvorhaben wurde deshalb die gesamte Prozesskette der Wertschöpfung einschließlich der pflanzenbaulichen Verwertung der Gärrückstände bei verschiedenen Nutzpflanzen untersucht. Zusätzlich wurde die stoffliche Charakterisierung des Produktes Gärrückstand am Beispiel des Phytohormons Indol-3-essigsäure IES (freie Form) auch auf biologische Komponenten ausgedehnt, die für die pflanzenbauliche Verwertung von Bedeutung sein können.

### **Material und Methoden**

#### Biogasanlage

- Einstufig, thermophil
- Jährliche Energiegewinnung: 13,4 Mio. kWh a<sup>-1</sup>,  
davon 4 Mio. kWh elektrisch a<sup>-1</sup>
- Methanausbeute: ca. 45 m<sup>3</sup> t<sup>-1</sup> Kartoffelabfälle

#### Eigenschaften der Gärrückstände:

100 % pflanzliche Abfälle aus der Kartoffelverarbeitung

#### Inhaltsstoffe:

2,21 %	Trockensubstanz
0,19 %	Gesamtstickstoff
0,02 %	Gesamtphosphat
0,25 %	Gesamtkalium

#### Experimentalbasis:

- Laboranalytik / GC-MS/MS-Bestimmung der freien IES mit chemischer Ionisierung
- Mitscherlich-Gefäßversuch, Standort Berlin-Dahlem
- Parzellenfeldversuch (Blockanlage), Standort Thyrow/Brandenburg
- On-Farm-Versuch (Streifenanlage), Standort Schönberg/Sachsen

#### Prüfrüchte:

Silomais, Weizen, Futtererbsen, Kartoffeln

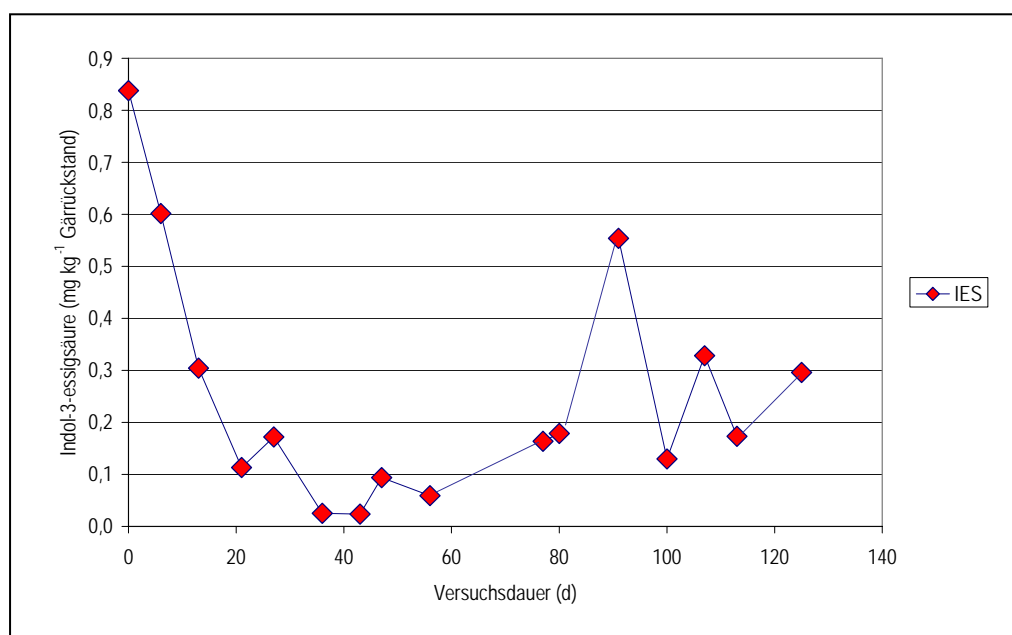
### **Ergebnisse und Diskussion**

#### Bestimmung der Indol-3-essigsäure (IES)

Bei den Untersuchungen zum Phytohormon Indol-3-Essigsäure (IES) im Gärrückstand wurden höhere Konzentrationen an IES im Gärrückstand ( $\bar{x}$  0,260 mg kg<sup>-1</sup> GRS) als im Ausgangssubstrat ( $0,023 \pm 0,002$  mg kg<sup>-1</sup>) gefunden, die jedoch über den Untersuchungszeitraum schwanken (Abb. 1). Mögliche Ursachen für die Konzentrationsschwankungen sind Konjugationen von IES (biologisch inaktive Form) mit

---

Kohlenhydraten und/oder Aminosäuren im GRS oder ein mikrobieller Abbau durch andere am Biogasprozess beteiligte Mikroorganismen.



**Abbildung 1:** Konzentration von Indol-3-essigsäure im Gärückstand über 125 Tage

#### On-Farm-Versuch Standort Schönberg/Sachsen

Im Praxisfeldversuch auf sandigem Lehmboden wurde im Versuchsjahr 2003 bei Winterweizen im Mittel ein Kornertrag von 54,0 dt ha<sup>-1</sup> erreicht. Im Jahr 2004 sind demgegenüber durchschnittlich 110,2 dt ha<sup>-1</sup> geerntet worden. Bei einer Gärückstandgabe von 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> konnte der Kornertrag gegenüber der Nullvariante (0 m<sup>3</sup> GRS ha<sup>-1</sup>) um 6,3 dt ha<sup>-1</sup> (13,1 %) erhöht werden (Tab. 1).

**Tabelle 1:** Einfluss unterschiedlicher Stickstoffzufuhr auf den Kornertrag (dt ha<sup>-1</sup> 86 % TS) von Winterweizen und die N-Bilanz (Versuchsjahr 2003)

GRS Gabe m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Korn- ertrag dt ha <sup>-1</sup>	N-Zufuhr mineral. kg ha <sup>-1</sup>	N-Zufuhr GRS kg ha <sup>-1</sup>	N-Zufuhr Gesamt. incl. N <sub>min</sub> <sup>*</sup> kg ha <sup>-1</sup>	N-Entzug Korn und Stroh kg ha <sup>-1</sup>	N-Saldo kg ha <sup>-1</sup>
0	<b>48,2</b>	+120,0	0,0	<b>+223,0</b>	-125,7	+97,3
25	55,0	+40,0	+45,0	+188,0	-143,2	+44,8
50	<b>54,5</b>	+40,0	+90,0	<b>+233,0</b>	-141,4	+91,6
75	54,9	+40,0	+135,0	+278,0	-148,1	+129,9
100	57,5	+40,0	+180,0	+323,0	-160,6	+162,4

<sup>\*)</sup> N<sub>min</sub> = 103 kg ha<sup>-1</sup>

Bei annähernd gleicher Stickstoffzufuhr war die kombinierte Düngung mit 40 kg ha<sup>-1</sup> Mineral-N und 90 kg ha<sup>-1</sup> N aus GRS (Variante 50 m<sup>3</sup> GRS ha<sup>-1</sup>) im Vergleich mit der ausschließlichen mineralischen Stickstoffdüngung (120 kg ha<sup>-1</sup>) effizienter.

#### **Literatur**

Sensel, K. (2005): Produkt- und Verfahrensentwicklung zum ökoefizienten Einsatz von Gärückständen. Forschungsabschlussbericht, Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin

## **Biogaspotenziale aus landwirtschaftlichen Nebenprodukten**

### **Beispiele aus dem Ökologischen Landbau im Vergleich mit Energiemaisanbau**

Arno Deuker & Walter Stinner

#### **Einleitung**

Die Landwirtschaft kann durch die Bereitstellung von Biomasse einen Beitrag zur Energieversorgung leisten. Insbesondere die Erzeugung von Biogas bietet sich an, weil einerseits dieses Verfahren die Verwertung von sonst nicht nutzbaren Stoffen (Gülle/Mist, Futterreste, Zwischenfruchtaufwüchse, zur Einstreu nicht benötigtes Stroh, Aufwuchs von Stilllegungsflächen (Energiepflanzen)) ermöglicht, und weil andererseits beim Biogasverfahren alle für den pflanzenbaulichen Produktionsprozess wichtigen Nährstoffe im Betriebskreislauf weitgehend verlustfrei verbleiben.

#### **Material und Methoden**

Auf dem Versuchsbetrieb Gladbacherhof der Universität Gießen wurden von 2002–2005 die Biogas-Potenziale in je einem viehhaltenden und viehlosen ökologischen Betriebssystem untersucht. Die Fruchtfolge im viehhaltenden Betriebssystem bestand aus zweijährigem Klee gras, Winterweizen, Kartoffeln, Winterroggen, Erbsen, Dinkel und Sommerweizen mit untergesättem Klee gras. Nach Wintergetreide und Erbsen stand ein Zwischenfruchtgemenge aus Örettich und Sommerwicken. Der Viehbestand lag bei 0,8 GV/ha. Im viehlosen System folgten nach einjährigem Klee gras Kartoffeln, Winterweizen, Erbsen, Winterweizen und Sommerweizen mit Untersaat. Auch hier stand nach Winterweizen und Erbsen das oben genannte Zwischenfruchtgemenge.

Gezeigt werden die Energiepotenziale, die sich

1. in konventionellen Betrieben durch Energiemaisanbau auf 25% der Ackerfläche erzeugen lassen;
2. im viehhaltenden System aus der Vergärung der Exkreme nte, des Strohes von Erbsen und Getreide, der Futterreste und der Zwischenfrüchte erzielen lassen;
3. im viehlosen System aus der Verwertung von Klee gras, Stroh von Weizen und Erbsen (separat berechnet, unabhängig von einer Nutzung als Einstreu vor der Vergärung), Zwischenfruchtaufwüchsen sowie von Abfallkartoffeln und Getreideausputz ergeben. Bei den dargestellten Ergebnissen sind die gemessenen Trockenmasseerträge aus den Exaktversuchen abzüglich der nicht erntbaren Stoppel- und Erntereste sowie die anfallenden Kotmengen und Futterreste mit Literaturwerten zu den Gasausbeuten verrechnet worden (KTBL, 2006; KEYMER 2006). Bei fehlendem Tabellenwert wurde der Wert von Material vergleichbarer Zusammensetzung verwendet. Die Maiseerträge wurden der Literatur entnommen. Zur besseren Übersichtlichkeit wurde als Einheit Norm-m<sup>3</sup> Methan (Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>) gewählt. Die Zahlen sind Bruttowerte, d.h. der Eigenverbrauch der Biogasanlage (ca. 1/3 der Gesamtenergie), der Energieverbrauch für die Ernte der pflanzlichen Biomasse und für die Ausbringung der daraus entstandenen Gärreste, sowie Nachernteverluste (Silo) wurden nicht berücksichtigt. Bei der Übertragung der Daten in die Praxis müssen entsprechende Abzüge vorgenommen werden.

## **Ergebnisse und Diskussion**

Nach AMON et al (2005), EDER et al (2005), GAUDCHAU et al (2005) und OECHSNER (2005) ergibt sich bei konventionellem Energiemaisanbau auf 25% der Nutzfläche ein mittleres Energiepotenzial von 1557 (1000 bis 2355) Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>ha<sup>-1</sup> LF (ldw. Nutzfläche).

Aus dem Betriebssystem mit Milchviehhaltung ließ sich ein mittleres Energiepotenzial von 1332 (865 bis 1657) Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>ha<sup>-1</sup> LF erzielen. Dazu trugen die Gülle 21%, die Zwischenfruchtaufwüchse 24% und das Stroh 55% bei.

Aus dem viehlosen Betriebssystem konnte im Mittel ein Energiepotenzial von 1700 (1039 bis 2014) Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>ha<sup>-1</sup> LF erzielt werden. Hier trugen die Erntereste 6 %, die Zwischenfruchtaufwüchse 17%, das Stroh 37% und das Klee gras 40% bei.

Es zeigt sich, dass im ökologischen Landbau (mit Viehhaltung) nur durch die Nutzung der Wirtschaftsdünger, der anfallenden Zwischenfruchtaufwüchse und der sonstigen Koppelprodukte – ohne zusätzlichen gezielten Anbau von Energiepflanzen - die gleiche Energiemenge erzeugt werden kann, die in etwa konventionellem Energiemaisanbau auf 20% der Fläche entspricht.

Im dargestellten viehlosen ökologischen Betriebssystem entspricht das Gesamtenergiepotenzial durch die Nutzung der Nebenprodukte sogar einem konventionellen Energiemaisanbau auf 25% der Ackerfläche.

Die dargestellten Potenziale lassen sich mit entsprechendem Zwischenfruchtanbau sicherlich auch bei konventioneller Wirtschaftsweise erzielen. Wegen des höheren Ertragsniveaus und des daher höheren Strohanfalls sowie der Nutzung der zusätzlichen Möglichkeiten des Strohaufschlusses (NH<sub>3</sub>, Natronlauge) lassen sich hier eher noch höhere Werte erwarten.

Im ökologischen Landbau erlaubt zudem die Vergärung von Klee gras oder Zwischenfrüchten die gezielte Düngung der bedürftigen Kulturen mit dem von den Leguminosen fixierten Luftstickstoff. Die Ernte der Zwischenfrüchte im Herbst führt außerdem zu einer Verringerung des Nitratauswaschungspotenzials über Winter.

In konventionellen Betrieben kann durch die Nutzung von Leguminosen zur Vergärung Mineraldünger eingespart werden.

Zur Umsetzung der Potenziale besteht noch erheblicher Entwicklungs- und Forschungsbedarf bei Anlagen zur Vergärung schwer hydrolysierbarer Feststoffe, zum Aufschluss der Substrate und zu den Gasausbeuten einzelner Substrate.

## **Literatur**

AMON T., V. KRYVORUCHKO, B. AMON, W. ZOLLITSCH, K. MAYER, S. BUGA, A. AMID (2005): Biogaserzeugung aus Mais – Einfluss der Inhaltsstoffe auf das spezifische Methanbildungsvermögen von früh- bis spätreifen Maissorten. Tagungsband 6. Bio-Solar Biogas-Fachtagung in Heiden/Westfalen. Hrsg.: Internationales Biogas und Bioenergie Kompetenzzentrum IBBK, Heimstr. 1, D-74592 Kirchberg/Jagst.

EDER, BARBARA, FELIPE KAISER, CHRISTINE PAPST, JOACHIM EDER und ANDREAS GRONAUER (2005): Fruchtfolge, Anbau, Düngung und Gaserträge von nachwachsenden Rohstoffen; Tagungsband der 14. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V. (Hrsg.), Freising 2005, S. 105-114.

GAUDCHAU M., T. LUTHARD-BEHLE, T. BECKER und B. HONERMEIER (2005): Feld- und Laborversuche zur Kennzeichnung der TM-Erträge und der Gasausbeute von Maissorten unterschiedlicher Reifezeit. Mitt. der Ges. f. Pflanzenbauwissenschaften, Band 17, 48

KEYMER, U. (2006): <http://www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225/> Besucht: 10.05.2006

OECHSNER, HANS (2005) Einsatz von Nachwachsenden Rohstoffen in Biogasanlagen – Gasertrag und Anlagentechnik; Tagungsband 14. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V. (Hrsg.), Freising 2005, S. 115-120.

## **Vergleich von Triticale-Sorten und einzelnen Weizen-Sorten hinsichtlich Teil- und Ganzpflanzenerträgen für die Herstellung von Biogas und Ethanol bzw. zur thermischen/stofflichen Verwertung („SUNFUEL“)**

Sven Grebe, Reinhold Stülpnagel & Michael Wachendorf

### **Einleitung**

Die für die Ethanol-Erzeugung relevanten Kernerträge und ihre Unterschiede in Abhängigkeit von der Sorte sind aus Landessortenversuchen bekannt. Für die Wandlung der Biomasse zu Biogas und Synthesekraftstoffen (z.B. BTL) sind daneben auch Kenntnisse zu den Stroherträgen bzw. Ganzpflanzenerträgen sowie zu qualitativen Parametern notwendig. Da diese beim Triticale fehlen, wurde mit einem Sortenvergleich begonnen, in dem auch einzelne Weizensorten aufgenommen wurden. Verbunden mit Datenerhebungen in Landessortenversuchen sollen Sortenunterschiede ermittelt und die Basis zur Wahl von Referenzsorten für die Züchtung von Triticale zur energetischen Verwertung gelegt werden.

### **Material und Methoden**

Auf einer Parabraunerde aus Löss (228 m über NN; Ø 7,8°C, 620 mm) wurde im Werra-Meißner-Kreis im Herbst 2004 nachfolgender Versuch mit Wintertriticale und Winterweizen als randomisierte Spaltanlage in vierfacher Wiederholung angelegt:

<b>Faktor</b>	<b>Variante</b>		<b>Verwertungsziel</b>
I	Düngung	ohne Ährengabe (N I)	Biogas / BTL
		mit Ährengabe (N II)	Ethanol
II	Art/Sorte	Wintertriticale (16 Sorten)	Biogas / BTL / Ethanol
		Winterweizen (6 Sorten)	Biogas / BTL / Ethanol
III	Erntetermin	Kornbildung (BBCH 71)	Biogas / BTL*)
		Milch / Teigreife (BBCH 83)	Biogas / BTL*)
		Vollreife (BBCH 92)	BTL / Ethanol

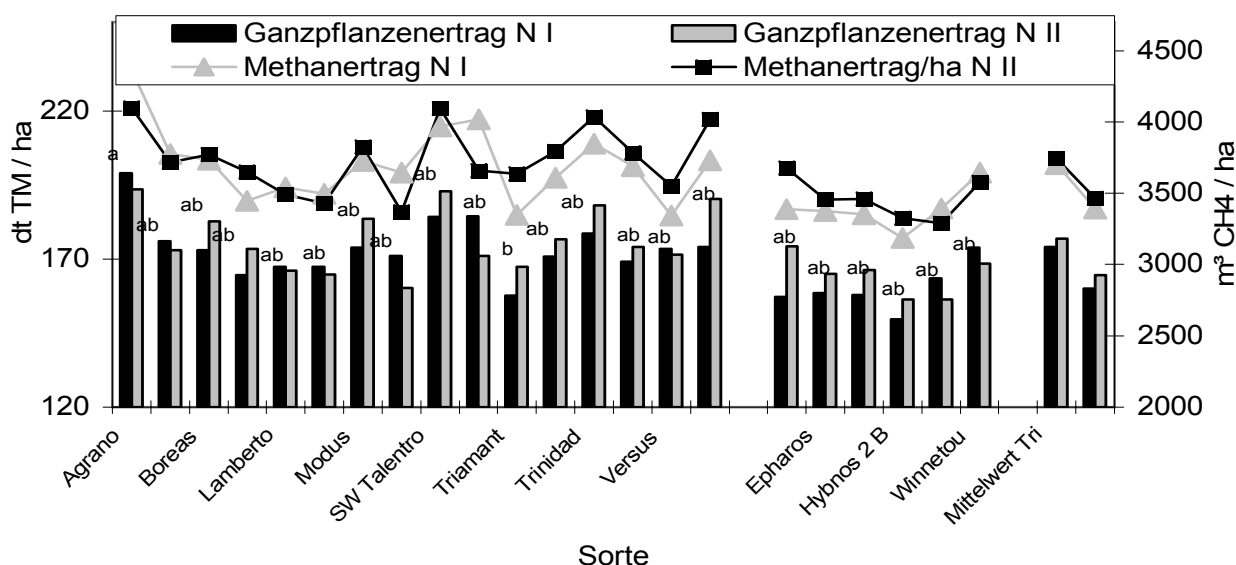
\*) Die zu BBCH 71 und 83 geernteten Pflanzen werden in der Praxis einsiliert und zur Biogaserzeugung direkt oder zur BTL-Erzeugung nach mechanischer Entwässerung verwertet.

Zur Ertragsermittlung (1 m<sup>2</sup> je Termin und Wiederholung) wurden die Pflanzen direkt über dem Boden geschnitten, zur Erstellung einer praxisüblichen Stoppelhöhe 15 cm von der Halmbasis abgetrennt und Frischgewicht und TS-Gehalt bestimmt. Zur Vollreife wurden die Proben in die Fraktionen Korn, Spreu, Stroh und Stoppeln getrennt. Hieraus wurde das Korn:Stroh-Verhältnis (Basis Gesamtstrohertrag) und das Korn:erntbare Stroh-Verhältnis (Gesamtstrohertrag – Stoppeln und Spreu) berechnet. Letzteres wurde auch in Landessortenversuchen in Hessen durchgeführt. Mit Daten aus der erweiterten Weender-Analyse und den Gehalten an C, H, N und O wurden die zu erwartenden Mengen an Kraftstoffen berechnet. Die Mengen an Methan wurden nach Baserga (1998) mit Verdaulichkeiten nach Spann et. al. (2005) für Triticale und DLG (1997) für Weizen abgeschätzt, die Heizwerte (berechnet nach

Boie, 1957) als Basis für die Sortenunterschiede in den zu erwartenden Mengen an Kraftstoff und die Mengen an Ethanol auf der Basis von 62 l Ethanol/dt Stärke.

### Ergebnisse und Diskussion

Mit Wintertriticale (Sorten Agrano bis Vitalis) und Winterweizen (Sorten Batis bis Winnetou) wurden im Jahr 2005 (1. Versuchsjahr) zu BBCH 71 Ganzpflanzenerträge von über 15 t TM/ha (Feldertrag) erzielt, aus denen brutto (ohne Abzug von Silierverlusten) Biogaserträge im Umfang von mehr als 3.000 m<sup>3</sup> Methan (CH<sub>4</sub>)/ha abgeleitet werden können (Abb.1). Die Unterschiede zwischen den Sorten sind relativ gering und nur in zwei Fällen signifikant.



**Abb.1:** Ganzpflanzen- und Methanertrag zu BBCH 71 von Wintertriticale und W.-weizen in Abhängigkeit von Sorte und Düngung. Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Sorten (p = 0,05)

Vergleichbare Sortenunterschiede sind im Ganzpflanzenertrag zu BBCH 83 (im Mittel 174 dt TM/ha (Triticale) bzw. 162 dt TM/ha (Weizen) zu verzeichnen, aus dem ein Brutto-Energieertrag von 286 GJ/ha (Triticale) bzw. 267 GJ/ha (Weizen) abgeleitet werden kann. Gleiche Sortenunterschiede sind auch beim Kornenertrag gegeben, aus dem im Mittel (N II) ein Brutto-Ethanoltertrag (ohne Abzug von Lagerverlusten) von 3.223 l Ethanol/ha (Triticale) bzw. 3.268 l/ha (Weizen) abgeleitet werden kann.

Aus den Zusatzbeprobungen in den Landes-Sortenversuchen wurde deutlich, dass die Korn-Stroh-Verhältnisse beim Wintergetreide nicht nur in Abhängigkeit von der Sorte sondern auch vom Standort deutlich variieren. Gleichzeitig wurde nur bei Triticale eine Zunahme der Stroherträge mit zunehmenden Kornenerträgen festgestellt.

### Literatur

Baserga, U. 1998: Landwirtschl. CO-Vergärungs-Biogasanlagen, FAT – Berichte Nr. 512, Schweiz  
 Boie, I. 1957: Vom Brennstoff zum Rauchgas, Teubner-Verlag Leipzig  
 DLG 1997: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. DLG-Verlag, Frankfurt  
 Spann, B., A. Obermaier und R. Maierhofer 2004: Nährstoffverdaulichkeit von Ganzpflanzensilage aus Triticale bei Rind und Schaf. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. <http://www.lfl.bayern.de/internet/stmlf/lfl/ite/rind/10252/index.php>



## **Energieeffizienz von Rotklee gras und Mais als Biogassubstrat unter dem Aspekt der mineralischen Stickstoffdüngung**

Detlef Schmude & Lisa Dittmann<sup>1</sup>

### **Einleitung**

Der Stickstoffdünger ist unter den landwirtschaftlichen Betriebsmitteln das mit dem höchsten Energieaufwand je Hektar. Sich verknappende Mengen und steigende Kosten für fossile Brennstoffe als Basis der Mineralstickstoffherstellung legen als Zielgröße nahe, den Einsatz dieser endlichen Ressourcen solange zu minimieren, bis alternative und wirtschaftliche Verfahren zur Herstellung von Mineralstickstoff zur Verfügung stehen. Dieser Aspekt erhält bei der Erzeugung pflanzlicher Produkte zur ausschließlichen Biogasgewinnung die zentrale Bedeutung. Der Mineralstickstoffeinsatz kann die Energieeffizienz entscheidend beeinflussen. Mit Rotklee gras ist es möglich, hohe Erträge an verdaulicher organischer Masse kostengünstig und ohne Mineralstickstoffeinsatz zu produzieren. Aus dieser Sicht galt es zu untersuchen, in welchem Ausmaß die Stickstoffdüngung die Energieeffizienz der Biogaserzeugung beeinflusst.

### **Material und Methoden**

In den Jahren 1989 und 1990 am Standort Rostock durchgeführte Versuche zur Wirkung der Stickstoffdüngung auf Gemenge von Rotklee jeweils mit Deutschem Weidelgras und Wiesenschweidel auf Ertrag und Qualität (SCHMUDE;1991) liegen den Untersuchungen zur Energieeffizienz beim Einsatz als Biogassubstrat zugrunde. In den Ansaatmischungen waren 20 und 40 Gewichtsanteile Gras enthalten. Der Schnitt erfolgte jeweils zu Beginn der Rotkleeblüte (im Mittel der Jahre etwa in der 1. Junidekade, 3. Julidekade und der 2. Septemberdekade). Der Energieaufwand der Produktionsverfahren von Silomais und Rotklee grassilage wurde mit KTBL-Werten bestimmt. Bei der Kalkulation der Methanausbeute wurde die Schätzformel des Methan-Energie-Wert-Modells von AMON u.a. (2003) zugrunde gelegt.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Rotklee gras ohne N-Düngung bei zweijähriger Nutzung und Silomais erbringen etwa gleiche Methanerträge je ha, wobei der Maisanbau den doppelten Energieaufwand erfordert (s. Tab.1). Dadurch sinkt seine Energieeffizienz unter die des Rotklee grasses. Die Stickstoffdüngung hat auf den TM-Ertrag der Rotklee grassgemenge (einjährige Nutzung) nur im ersten Aufwuchs bei Grasanteilen von über 50% einen positiven Einfluss. Die Erhöhung des Energieertrages auf 10-20% gegenüber Maisilage und dem nicht mit Mineralstickstoff versorgtem Rotklee gras ist nicht nur auf die Ertragserhöhung sondern auch auf eine Erhöhung der Proteingehalte in Folge höherer Proteingehalte in der Graskomponente zurückzuführen. Hinsichtlich der Energiebilanz kann Rotklee gras ohne N-Düngung mit Mais konkurrieren. Unter Zugrundelegung der Energiebilanz hat dann aber die Stickstoffdüngung zu Rotklee gras, bedingt durch eine höhere Gasausbeute des Klee grasssubstrates trotz eines erhöhten Energieaufwandes einen positiven Effekt auf den Nettoenergieertrag.

Für die Wahl von Wiesenschweidel als Graspartner spricht das Ergebnis, dass die Gemenge mit 20% Wiesenschweidel in der Ansaatmischung sich im Trockenmasseertrag tendenziell und in einigen Fällen statistisch gesichert als ertragsüberlegen gegenüber den Gemengen mit Deutschem Weidelgras erweisen. Die Stickstoffdüngung bewirkt auch hier im wesentlichen eine Verschiebung des Rotklee-Gras-Verhältnisses zugunsten des Grasses. Dies ist im Gemenge mit Wiesenschweidel stärker ausgeprägt als im Gemenge mit Deutschem Weidelgras. Die N-Düngung bewirkt offensichtlich durch höhere RP-Gehalte im Gras einen Anstieg des RP-Gehaltes im Gemenge. In der angewandten Schätzformel zur Bestimmung der Gasausbeute hat der Rohproteingehalt einen deutlich positiven Einfluss auf die Gasausbeute. Der Grasanteil sollte durch Sorten- und Artenwahl bestmöglich gesteuert werden, um ohne N-Düngung einen hohen TM-Ertrag bei hohen RP-Gehalten zu erzielen. Die Ernte des Rotklee-grases erfolgte

**Tab. 1 Kalkulation der Energieeffizienz**

Kriterium	Rotklee-gras-Silage						Maissilage
	ein Hauptnutzungsjahr (HNJ)				zwei HNJe		
N-Düngung	kg N/ha	0	40	80	120	0	150
Ertrag	dt TM/ha	140	155	160	165	146	130
Energieaufwand	MJ/ha	9 252	10 851	12 373	13 895	8 057	15 909
Energieertrag	MJ/ha	113 871	126 072	132 269	136 652	124 869	121 438
relativ	%	100	111	116	120	110	107
Energiebilanzüberschuß	MJ/ha	104 619	115 220	119 896	122 757	116 812	105 529
relativ		100	110	115	117	112	101
Quotient Energieertrag/ Energieaufwand		12.3	11.6	10.7	9.8	15.5	7.6
relativ	%	100	94	87	80	126	62
Quotient Energiebilanzüberschuß /Energieaufwand		11.3	10.6	9.7	8.8	14.5	6.6
relativ	%	100	94	86	78	128	59
Energieanteil N-Dünger an Energie-Output %	%	0.00	1.11	2.12	3.07	0.00	4.32

zu Beginn der Rotkleeblüte unter dem Aspekt eines hohen Futterwertes. Ein späterer Schnitt des Rotklee-grases bietet hier Reserven zur Erhöhung der Gasausbeute. Inwieweit ein höherer Rohfasergehalt keinen negativen Einfluss auf die Gasausbeute hat, gilt es weiter zu untersuchen. Dann könnte ein späterer Schnitttermin als bisher praktiziert und der Übergang zu zweischnittigem Rotklee-gras unter Verwendung später reifender Rotklee- und Grassorten eine Möglichkeit zur noch energie-sparenden Erzeugung von Rotklee-grasgemengen als Biogassubstrat bieten. Die zweijährige Nutzung des Rotklee-grases mit ihrer höheren Energieeffizienz gegenüber der Nutzung von Silomais sollte ebenfalls stärker beachtet werden.

## Literatur

- Amon, Th., V. Kryvoruchko, B. Amon, G. Moitzi, D. Lyson, E. Hackl, D. Jeremic, W. Zollitsch, E. Pötsch, 2003: Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Klee-gras. Endbericht Juli 2003.
- Schmude, D.: Stickstoffdüngung zu Rotklee-gras-Gemengen – Einfluss auf Ertrag, Bestandeszusammensetzung, Stickstofftrag und N<sub>2</sub>-Fixierung sowie die N<sub>2</sub>-Dynamik im Boden. Diss. Universität Rostock, Agrarwissenschaftliche Fakultät 1991

## **Einfluss von produktionstechnischen Maßnahmen auf das Biomasse- und Biogaspotenzial von Energiemais**

Ines Klostermann

### **Einleitung**

In Mecklenburg – Vorpommern haben bis zum Jahresende 2005 etwa 50 Biogasanlagen den Betrieb aufgenommen. Diese Zahl wird sich 2006/07 wahrscheinlich verdoppeln. Die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage wird nicht nur durch deren Technik selbst beeinflusst, sondern in hohem Maß durch die verwendete Biomasse. Energiemais zur Biogasgewinnung ist wegen seines hohen Ertragspotenzials, seiner guten Technisierbarkeit von Anbau und Ernte und guten Vergärbarkeit in typischen Maisanbauregionen anderen Feldfrüchten überlegen. An die Energiemaisproduktion werden somit hohe Ansprüche gestellt. Ziel sind möglichst hohe Trockenmasseerträge mit Trockensubstanzgehalten zwischen 28 und 35%. Gleichzeitig wirft aber der Anbau von Mais zur Biogaserzeugung noch einige Fragen auf. Auf der Basis des derzeitigen Wissensstandes wurden die bekannten Einflussfaktoren Erntetermin, Sorte und Bestandesdichte auf den Energiemaisertrag auch für Mecklenburg-Vorpommern als relevant angesehen. Mit Beginn 2004 sind Exaktversuche zu diesen Faktoren auf den Versuchsstandorten Gülzow und Vipperow angelegt worden. Spätreifende, speziell für die Energienutzung gezüchtete Sorten wurden integriert. Deren Ertragsverhalten unter den Anbaubedingungen Mecklenburg – Vorpommerns interessiert insbesondere.

### **Material und Methoden**

Bereits im Jahr 2004 wurde auf dem Standort Gülzow ein Versuch (Streifenanlage) zur „Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes für Biomassemais in Hinblick auf eine hohe Biomasseproduktion und maximale Gasausbeute mit hohem Methananteil“ etabliert. Acht Sorten unterschiedlicher Reifezahl werden in dreifacher Wiederholung zu vier unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet. Die Sorten umfassen ein Reifezahlspektrum von 240 bis 400. Die erste Ernte erfolgte in beiden Jahren zum Zeitpunkt des Beginns der Silomaisernte in der Region Güstrow. Die weiteren drei Ernten wurden im vierzehntägigen Abstand durchgeführt. Das gelang auf Grund guter Witterungsbedingungen in den Jahren 2004 und 2005 sehr gut.

Im gleichen Zeitraum wurde auf den Standorten Gülzow und Vipperow ein Versuch zur „Bestimmung der optimalen Bestandesdichte für Biomassemais“ angelegt. In dreifacher Wiederholung sind jeweils vier Sorten unterschiedlicher Reifegruppen mit drei unterschiedlichen Bestandesdichten geprüft worden.

Der Methanertrag l/kg oTS wurde nach der von Baserga (Keymer; Reinhold, 2005) entwickelten Formel berechnet. In dieser ordnete Baserga den verdaulichen Inhaltsstoffen eine spezifische Gasbildungsrate sowie einen Methangehalt zu. Die verwendete Methode kann die tatsächliche Methanausbeute nur grob widerspiegeln. Sie lässt jedoch eine tendenzielle Abschätzung der Biogasausbeute und einen Vergleich zwischen verschiedenen Substraten zu. Für betriebliche und ökonomische Kalkulationen sollte sie nicht verwandt werden.

Das Erntegut der Versuche wurde nicht siliert. Die Inhaltsstoffanalyse ist am unvergorenen Gut vorgenommen worden. Bei optimaler Silierung sind 10 % Trockensubstanzverlust einzukalkulieren. Demzufolge reduziert sich auch der Methanhektarertrag. Bei der Auswertung der Versuche wurden die Silierverluste nicht einbezogen.

### Ergebnisse und Diskussion

Nach derzeitigen Erkenntnissen wird für die Produktion von Energiemais auf Sorten mit hohem Trockenmasseertrag orientiert. Wichtig ist die Einhaltung des Trockensubstanzgehaltes des Erntegutes, um eine ordnungsgemäße Silierung und somit Lagerfähigkeit zu ermöglichen. Die Versuche verdeutlichen den Einfluss des Erntezeitpunktes von Silomais unterschiedlicher Reifegruppen auf Trockensubstanzgehalt und Ertrag in Abhängigkeit vom Standort und Jahr. Höhere Sicherheit hinsichtlich der Einhaltung des Trockensubstanzgehaltes bieten nach bisherigen Ergebnissen die Sorten der Reifegruppe 240 und 250. Vierzehn Tage später erreichen auch die Sorten der Reifegruppe 270 und 280 die erforderlichen 28% TS, bei teilweise höheren Trockenmasseerträgen (Tab. 1). Darüber hinaus spielt natürlich die chemische Zusammensetzung der Biomasse eine Rolle. Die errechneten Methanerträge (l/kg oTS) können nur eine erste Orientierung sein.

Bestandesdichten von über 10 Pflanzen/m<sup>2</sup> werden auf den meisten Standorten in Mecklenburg- Vorpommern wegen Wassermangel als riskant angesehen. Die bislang zweijährigen Versuche lassen einen Einfluss der Bestandesdichte auf den Trockenmasseertrag und Methanertrag nicht eindeutig nachweisen. Die Sorten unterschiedlicher Reifezahl reagieren verschieden.

Zu späte Ernte verursacht Ertragsminderungen nachfolgender Winterungen. Auf eine ordnungsgemäße Fruchtfolge ist zu achten. Die Versuche werden im Jahr 2006 fortgeführt.

**Tab. 1:** Optimaler Erntezeitpunkt für Energiemais 2004/05 (Gülzow)

Sorten/Reifezahl	240/250		270/280		400	
	dt TM/ha	TS %	dt TM/ha	TS %	dt TM/ha	TS %
1. Erntetermin*	<b>173,2</b>	28,6	171,1	25,0	169,4	23,0
2. Erntetermin	<b>186,9</b>	32,5	<b>189,8</b>	28,5	181,6	26,1
3. Erntetermin	180,3	36,8	<b>190,0</b>	32,5	<b>186,9</b>	28,2
4. Erntetermin	173,2	39,8	176,7	36,7	<b>179,6</b>	31,6

\* 1. Ernte 1.10.04 und 20.09.05, dann Ernte im Rhythmus von 14 Tagen

### Literatur

Keymer, U.; Reinhold, G., 2005: Grundsätze bei der Projektplanung; Handreichung Biogasgewinnung und -Nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow, S. 182-209

# Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands.

## Teilprojekt Grundversuch: Entwicklung standortangepasster Anbausysteme

Jana Peters & Ines Klostermann

### Einleitung

Derzeit werden in Deutschland auf 170.000 Hektar Ackerfläche Energiepflanzen für die Nutzung in Biogasanlagen angebaut. Laut Angaben der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (Schütte, 2005) ist damit zu rechnen, dass diese Fläche auf 2 bis 2,5 Mio. Hektar steigen wird, wenn sich die der Anzahl der Biogasanlagen von derzeit 3.500 auf prognostizierte 10.000 im Jahr 2010 erhöht. Daraus leiten sich neue Anforderungen an die Fruchtfolgegestaltung ab, die bis zu speziellen Energiepflanzen-Fruchtfolgen führen können.

### Material und Methoden

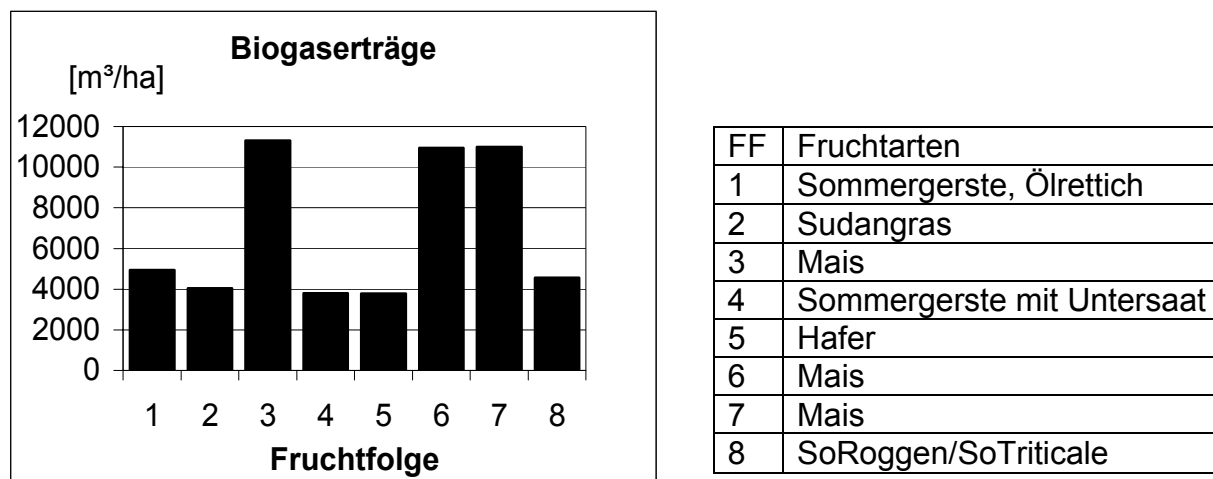
Der Versuch wurde in Gülzow auf stark lehmigen Sand der Ackerzahl 50 angelegt. Der Bodentyp ist Pseudogley- Braunerde. Das Versuchsfeld liegt 10 m über NN und wird durch ein maritim beeinflusstes Klima mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,2°C und einem Jahresniederschlag von 542 mm geprägt. Bei der Versuchsanlage handelt es sich um eine einfaktorielle Langparzellenanlage mit Standardausgleich. Es werden Energiefruchtfolgen in 8 verschiedenen Varianten (siehe Tab.1) geprüft. Die Fruchtfolgen 1 bis 5 sind bundesweit an 6 unterschiedlichen Standorten einheitlich vorgegeben. Die Fruchtfolgen 6 bis 8 sind regionale Fruchtfolgen für Mecklenburg Vorpommern. Die gekennzeichneten Fruchtarten sind für die Biogasgewinnung vorgesehen.

**Tab.1: Darstellung der Energiefruchtfolgen**

FF	2005	2006	2007	2008
1	Sommergerste (GP) Ölrettich (SZF)	Mais (HF)	Sommergerste	Winterweizen
2	Sudangras Futterroggen (WZF)	Mais	Sommergerste	Winterweizen
3	Mais Futterroggen(WZF)	Sudangras	Sommergerste	Winterweizen
4	Sommergerste (GP) Untersaat Klee gras	Klee gras	Klee gras	Winterweizen
5	Hafer Sortenmischung (GP)	Wintertriticale	Winterraps	Winterweizen
<b>Fruchtfolge M/V</b>				
6	Mais	Gerstgras	Winterraps	Winterweizen
7	Mais Futterroggen (WZF)	Ackergras	Ackergras	Winterweizen
8	SRoggen/STriticale Artenmischung (GP)	Winterraps	Winterweizen	Winterweizen

## Ergebnisse und Diskussion

Die nachfolgend in Abbildung 1 dargestellten Biogaserträge sind errechnet worden. Sie wurden anhand der allgemein verwendeten Formel nach Baserga (Schattauer; Weiland, 2005) zur Berechnung der Biogasausbeute ermittelt. Es muss darauf verwiesen werden, dass es sich hierbei um Ergebnisse des ersten Anbaujahres handelt, die als erste Orientierung gelten können.



**Abb. 1:** Biogaserträge Fruchtfolge 2005

Das Sudangras wird in der Fachwelt als möglicher Konkurrent zum Mais angesehen. Dies kann auf dem Standort Gülzow bis dato noch nicht bestätigt werden. Gründe dafür liegen in dem ungünstigen Witterungsverlauf im Frühjahr 2005, sowie in der noch nicht optimierten Anbauweise. Zu frühe Saattermine, aber auch zu frühe Erntetermine und somit geringe Trockensubstanzgehalte führen zu Ertragseinbußen. Es ist deshalb besonders wichtig, eine regelmäßige Überwachung des Trockensubstanzgehaltes auf dem Feld zu gewährleisten, um den optimalen Erntetermin (TS 30%) zu erreichen.

Die einzelnen Getreidearten unterscheiden sich im Biogasertrag nicht wesentlich voneinander, liegen jedoch weit hinter den Maiserträgen.

Generell ist eine Auswertung der Fruchtfolgen lediglich über die Biogaserträge nicht empfehlenswert. Außerdem müssen ökologische und ökonomische Aspekte in die Auswertung mit einfließen, um eine umfassendere Aussage treffen zu können. Diese Vorhaben werden von den Verbundprojektpartnern ZALF Müncheberg und dem Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft der Universität Gießen für die einzelnen Standorte deutschlandweit realisiert.

## Literatur

SCHÜTTE, A., 2005: Fachtagung Biogas, Biogas: Stand und Perspektiven für die Landwirtschaft, 24.01.2005, Berlin

SCHATTAUER, A., WEILAND, P., 2005: Grundlagen der anaeroben Fermentation; Handreichung Biogasgewinnung und -Nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow, S. 25-35

## Standortangepasster Energiepflanzenanbau in Deutschland

Katja Gödeke, Arlett Nehring & Armin Vetter

### Einleitung

Der Energiepflanzenanbau in Deutschland bietet, nach den veränderten Rahmenbedingungen durch das EEG, den NaWaRo-Bonus und den energiepolitischen Zielen der Bundesregierung, hiesigen Landwirten eine lohnende Alternative zur Nahrungsmittelproduktion. Zur Zeit wird der Mais als die „Haupt-Biogasfrucht“ favorisiert, da Anbau, Pflege und Ernte sowie Silierung weitestgehend aus der Futtergewinnung bekannt sind und die Technik vorhanden ist. Mit stetig steigender Anzahl an neuen Biogasanlagen (Fachverband Biogas e.V., 2006), steigt auch die Anbaufläche von Silomais, während die Körnermaisflächen zurückgehen (DMK, 2006). Es besteht also hoher Bedarf an Energiepflanzenflächen. Da eine Überbeanspruchung des Maisanbaus auf bundesdeutschen Flächen aus phytomedizinischer, ökonomischer (Ertragsicherheit, Bewältigung von Arbeitsspitzen), und ökologischer Sicht (Landschaftsgestaltung, Artenspektrum), langfristig sehr bedenklich ist, wird vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) als Projektträger, ein bundesweites Verbundprojekt unter Koordination der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, zur Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen gefördert.

### Material und Methoden

Zur Eruiierung von Alternativpflanzen zum Mais, die ebenso für die Biogasproduktion unter landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen geeignet sind, erfolgte eine zeitgleiche Anlage von fünf Fruchtfolgen an sieben verschiedenen Standorten Deutschlands (s. Tab. 1).

**Tab. 1:** Darstellung der fünf gleichen Fruchtfolgen an den Standorten in Thüringen, Bayern, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Baden Württemberg und Sachsen (**Biogassubstrate** / Kornnutzung)

Prüfglied	1	2	3	4	5
Anlagejahr					
2005	<u>Sommer-Gerste</u> (Ganzpflanze) <u>Ölrettich</u> (Sommer-Zwischenfr.)	<u>Sudangras</u> <u>Futterroggen</u> (Winter-Zwischenfr.)	<u>Mais</u> <u>Futterroggen</u> (Winter-Zwischenfr.)	<u>Sommer-Gerste</u> (Ganzpflanze) <u>Untersaat</u> <u>Luzerne oder</u> <u>Kleegras</u>	<u>Hafer-Sortenmischung</u> (Ganzpflanze)
2006	<u>Mais</u>	<u>Mais</u> (Zweitfrucht)	<u>Sudangras</u> (Zweitfrucht)	<u>Luzerne oder</u> <u>Kleegras</u>	<u>Winter-Triticale</u> (Ganzpflanze)
2007	Sommer-Gerste	Sommer-Gerste	Sommer-Gerste	<u>Luzerne oder</u> <u>Kleegras</u>	Winterraps
2008	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen

Diese Anlage wurde im Jahr 2006 beginnend mit den Fruchtfolgen aus 2005 zusätzlich wiederholt. Da diese ausgewählten Fruchtfolgen nicht standorttypisch sind für die jeweilige der sechs unterscheidbaren Anbauregionen, ergänzt jedes Bundesland diese genannten mit drei bis vier standortspezifischen Fruchtfolgen. Diese Fruchtfolgen über die Standorte werden sowohl pflanzenbaulich (in Hinblick auf Biogas- evtl. auch BTL-Produktion) als auch ökonomisch und ökologisch bewertet. Strategien zur Faktorminimierung (Bodenbearbeitung; Pflanzenschutz, Düngung) als auch Untersuchungen zu verschiedenen Erntezeitpunkten bei o.g. Fruchtarten als auch bei mehrjährigen Ackerfutmischungen sowie der Anbau von Artenmischungen mit bis zu drei Mischungspartnern, werden in diesem Projekt betrachtet.

### Ergebnisse und Diskussion

Nach dem ersten Anbaujahr lassen sich noch keine gesicherten Ergebnisse veröffentlichen, jedoch zeigen sich interessante, standortabhängige Entwicklungen der Ertragslage einzelner Fruchtarten (s. Abb. 1).

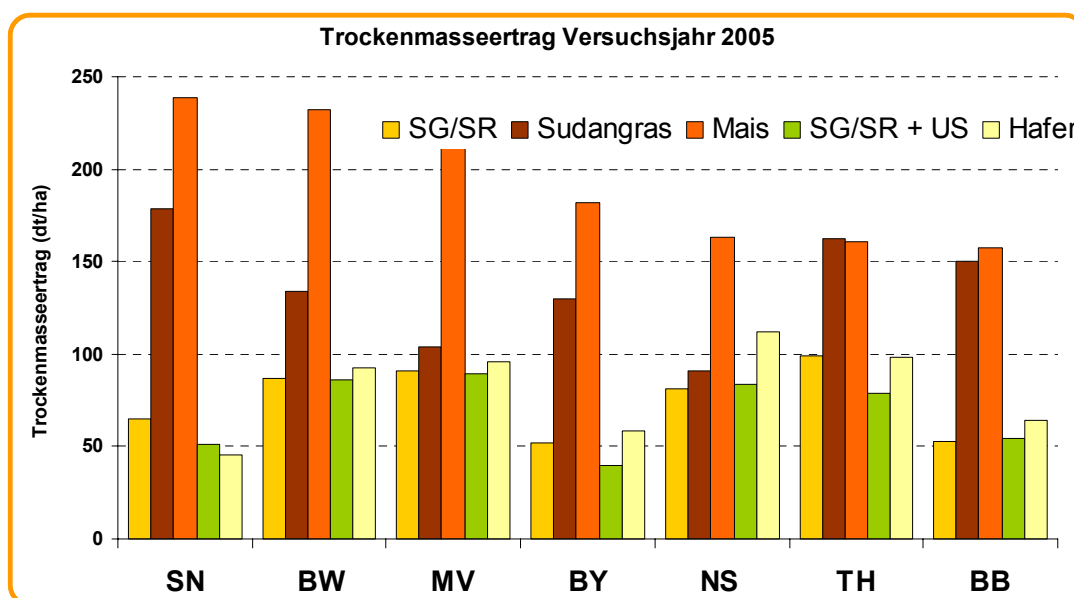


Abb. 1: Darstellung der Trockenmasseerträge der verschiedenen Fruchtarten in den fünf gleichen Fruchtfolgen an den Standorten in Thüringen, Bayern, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Baden Württemberg und Sachsen, im ersten Versuchsjahr 2005.

Es zeigt sich, dass Mais an einigen Standorten nicht konkurrenzlos ist. Jedoch müssen weitere Versuchsjahre abgewartet und beurteilt werden sowie noch laufende Untersuchungen zur Biogas-/Methanausbeute und Siliereignung verschiedener Fruchtarten abgeschlossen werden. (Weitere Informationen unter [www.tll.de/vbp](http://www.tll.de/vbp).)

### Literatur

Fachverband Biogas e.V.: Biogas - Das Multitalent für die Energiewende, Fakten im Kontext der Energiepolitik-Debatte, Ausgabe März 2006,

[http://www.biogas.org/datenbank/file/notmember/medien/Fakten\\_Biogas\\_2006\\_03.pdf](http://www.biogas.org/datenbank/file/notmember/medien/Fakten_Biogas_2006_03.pdf)

DMK (Deutsches Maiskomitee): Maisanbaufläche-Vorläufige Anbauzahlen 2006, vom 30.05.2006,

[http://www.maiskomitee.de/dmk\\_scripts/news/news.html](http://www.maiskomitee.de/dmk_scripts/news/news.html)



## **Energiepflanzenanbau als Beitrag zur Optimierung von naturschutzfachlichen Zielen in der Landschaft**

Rüdiger Graß & Konrad Scheffer<sup>1</sup>

### **Einleitung**

Verschiedenen Studien zufolge ist mit einer deutlichen Ausweitung des Energiepflanzenanbaus in den kommenden Jahren zu rechnen. Bereits in den letzten Jahren hat dieser Bereich sich als neuer Betriebszweig auf vielen landwirtschaftlichen Betrieben etabliert. Für den Betrieb von Biogasanlagen wird derzeit v.a. Silomais als Energiepflanze angebaut. Dies führt zu einer deutlichen Zunahme des Maisanbaus. Diese einseitige Fixierung ist problematisch, da mit dem Maisanbau häufig Umweltgefährdungen und Anbauprobleme verbunden sind und die in der Landwirtschaft ohnehin zunehmende Artenverarmung noch weiter vorangetrieben wird. Das eigentlich positive umweltfreundliche Image der Biogasnutzung könnte hierdurch nachhaltig beschädigt werden.

Bei entsprechender Gestaltung bietet der Energiepflanzenanbau aber vielmehr eine Möglichkeit, die Artenvielfalt auf den Flächen zu erhöhen, Stoffkreisläufe auf den Betrieben zu optimieren und insgesamt eine Ökologisierung der Landwirtschaft zu bewirken. Darüber hinaus könnten durch den Energiepflanzenanbau naturschutzfachliche Zielsetzungen mit der Landwirtschaft verbunden werden. Ein solches Konzept wurde im Rahmen eines Entwicklungs- und Erprobungsvorhabens gemeinsam mit im Naturschutz tätigen Ingenieurbüros entwickelt. Teile dieses Konzepts werden im folgenden Beitrag vorgestellt.

### **Material und Methoden**

Beim Konflikt zwischen Naturschutz und Landwirtschaft kristallisieren sich häufig u.a. folgende Punkte heraus:

- Vernetzung (Biotopverbund) von naturschutzfachlich wertvollen Flächen oft nicht erreichbar (Insellage)
- ausgeräumte Landschaften mit wenig abwechslungsreichen Aufwüchsen, Artenverarmung.

Die grundlegende Fragestellung des Projektes war, ob das an der Universität Kassel-Witzenhausen für den Energiepflanzenanbau entwickelte Zweikulturnutzungssystem (Graß und Scheffer, 2005) in einem Gesamtkonzept zur Verbesserung bei der Erreichung naturschutzfachlicher Zielsetzungen in der Fläche beitragen kann. Das Zweikulturnutzungssystem zeichnet sich durch einen ertragreichen Energiepflanzenanbau bei gleichzeitiger Reduzierung von Umweltgefährdungen aus. Das naturschutzfachliche Gesamtkonzept wurde für eine Modellregion in den Mittelgebirgslagen des Werra-Meißner-Kreises in Nordhessen entwickelt.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Naturschutzflächen liegen häufig isoliert inmitten einer intensiv landwirtschaftlich genutzten Landschaft. Die zu schützenden Zielarten der Flora und Fauna können von diesen „Inseln“ nur unter sehr erschwerten Bedingungen zu anderen Natur-

---

Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Nordbahnhofstraße1a, 37213 Witzenhausen.

<sup>1</sup> Großer Bruch 15, 37133 Friedland.

schutzflächen wandern. Der direkte Übergang zu den intensiv bewirtschafteten Flächen stellt für viele Arten eine unüberwindbare Barriere dar. Eine Vernetzung solcher Flächen im Sinne eines Biotopverbundes ist nur selten gegeben. Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass die landwirtschaftlich genutzten Flächen meistens in relativ kurzen Zeiträumen komplett geerntet werden, so dass wenig Rückzugs- und Schutzräume für wandernde Arten bleiben. Ferner würde die Beibehaltung der einseitigen Fokussierung auf den Maisanbau dieses Problem verschärfen. Beim Zweikulturnutzungssystem sind generell vielfältige Fruchtfolgen, eine höhere Artenvielfalt durch höheren Wildpflanzenbesatz und der Verzicht auf Pestizide vorgesehen. In Tab. 1 ist eine solche Beispielfruchtfolge dargestellt.

**Tab. 1:** Fruchtfolgeplanung im Rahmen der Zweikulturnutzung (grau schattiert: Erstkulturen)

Jahr	1		2		3		4	
Saat/ Ernte	Sep/ Ende Mai	Mai/ Okt	Okt/ Juni	Juni/ Sep	Mai (Ernte)	Mai	Okt/ Juni	Juni/ Sep
Kultur	WE/Ro	Mais- SB	Tritic/ Ro	LG	LG	Mais	WW/ Tritic	Senf

Abkürzungen:

WE/Ro: Wintererbsen-Roggen-Gemenge

Tritic: Triticale; Ro: Roggen; WW: Winterweizen

Mais-SB: Mais-Sonnenblumen-Gemenge; LG: Landsberger Gemenge

Durch die unterschiedlichen Kulturen wird in der Landschaft eine Mosaikstruktur etabliert, die sich aus niedrig- und hochwüchsigen Beständen ergibt, so dass für wandernde Arten Schutzräume entstehen. Die Vernetzung von isoliert liegenden Naturschutzflächen könnte so verbessert werden. Zur Verbesserung des Mosaikcharakters der Landschaft sind Übergangssäume zwischen den Naturschutz- und den Energiepflanzenflächen vorgesehen. Diese Säume umfassen mehrere Meter Breite (je nach Arbeitsbreite der Maschinen) und werden mit dünneren und niedrigeren Pflanzenbeständen bestellt. Die Düngung erfolgt in geringerem Umfang als auf den sonstigen Flächen des Energiepflanzenanbaus. Der Aufwuchs der Säume wird ebenfalls energetisch genutzt. Diese Saumstruktur verstärkt den Mosaikcharakter der Landschaft. Die geringeren Erträge in den Säumen müssten ggf. über Entgelte für Naturschutzleistungen ausgeglichen werden. Die Kosten fallen aber vermutlich geringer als bei der derzeitigen Pflege von Naturschutzflächen aus.

## Literatur

Graß, R. und K. Scheffer, 2005: Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. Natur und Landschaft 9/10, S. 435-439.

## **Ausgestaltung eines Bioenergiebetriebes mit Schwerpunkt thermischer Nutzung am Beispiel des landwirtschaftlichen Betriebes Ihinger Hof**

Martina Mayus, Johanna Link, Wilfried Hermann<sup>1</sup> & Wilhelm Claupein

### **Einleitung**

Die Energiegewinnung aus Biomasse, sowie die Dezentralisierung der Energieproduktion wird in naher Zukunft eine immer größere Rolle spielen. Aus diesem Grund, wurden in einer theoretischen Studie Szenarios untersucht, wie ein bestehender landwirtschaftlicher Betrieb kurzfristig und effizient von einem Marktfrucht- auf einen Bioenergiebetrieb umgestellt werden kann.

### **Material und Methoden**

Der Betrieb umfasst eine landwirtschaftliche Nutzfläche von 232 ha. Ausgehend vom „Ist-Zustand“ (Szenario 1) wurden unterschiedliche Anbaukonzepte entworfen. In Szenario 1 wurde ausschließlich die thermische Nutzung von vorhandenen Gehölzen (Hecken, Baumreihen, Streuobst) auf einer Fläche von 17,8 ha, sowie die Nutzung von Getreidestroh (von 95 ha Ackerland) zur Versorgung der Verbrennungsanlage mit Biomasse gerechnet. In vier weiteren Szenarien wurde eine stetige Steigerung der Flächenanteile für die Biomasseproduktion zur Energieerzeugung untersucht. Für Szenario 2 wurde der Anteil an Feldrandbegleitgehölze (Hecken und Baumreihen) entlang der breiteren Wege und unter Berücksichtigung des erwarteten Schattenschwurfes von 2,4 ha auf 6 ha ausgedehnt. In Szenario 3 und Szenario 4 wurde die schnell wachsende Baumart Salix (Weide) in Form von schmalen Streifen und einen Flächenanteil von 20% auf die 95 ha große Getreidefläche integriert. Diese Agroforstsysteme wurde sowohl für gute Böden (Szenario 3), als auch für schlechte Böden (Szenario 4) verglichen. In beiden Szenarien wurde neben Holz auch die gesamte Getreidebiomasse zur Energieproduktion einbezogen. Als Extrembeispiel wurde die gesamte Getreidefläche in eine Salixmonokultur mit Kurzumtrieb umgewandelt (Szenario 5). Die unterschiedlichen Szenarien wurden anhand von Daten des Betriebes sowie mittels Literaturdaten hinsichtlich des potentiellen Biomasse- und Energieertrages nach Abzug des Energieaufwandes für die Produktion verglichen.

### **Ergebnisse und Diskussion**

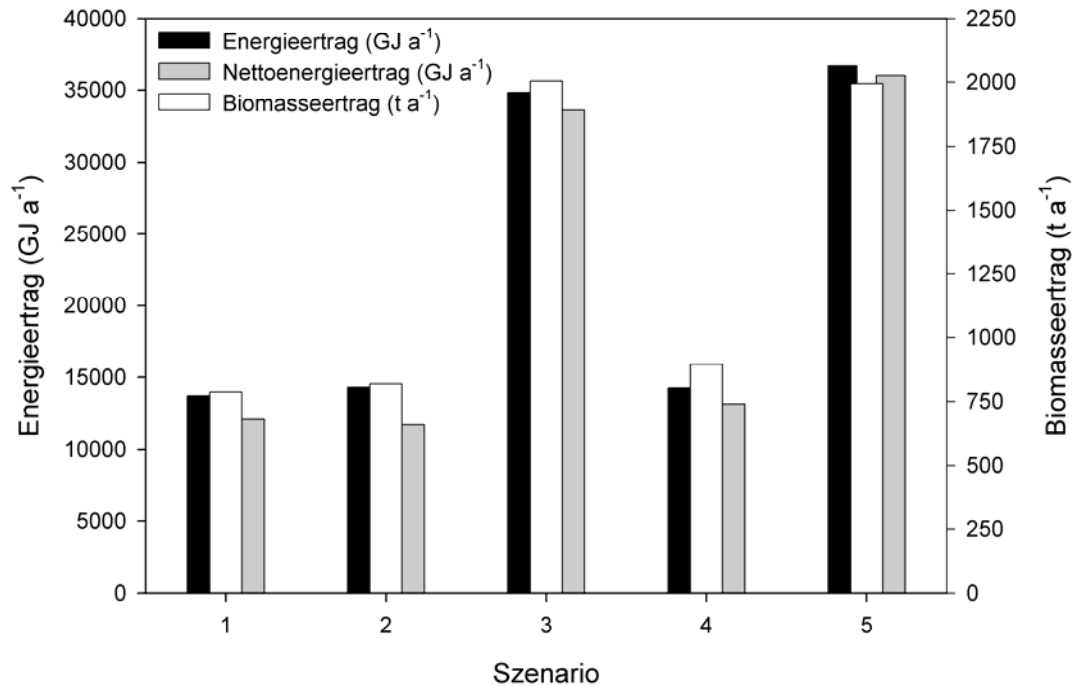
Die Ergebnisse der theoretischen Studie sind in der Abbildung 1 dargestellt. Das Anlegen von weiteren Hecken und Baumreihen (nur 1,4 % Flächenanteil) entlang der Felder in dieser Fallstudie hat nur eine geringe Erhöhung des Energieertrages zur Folge. Die Produktion von Energie kann am effizientesten erweitert werden durch den Anbau von Weide: hohe Biomasse- und Energieproduktion bei relativ geringem Energieaufwand. Ein geringer Einsatz von Stickstoffdünger (energieintensive Herstellung), Einsparungen bei der Bodenbearbeitung, und Saatgut beim Anbau von mehrjährigen Systemen gegenüber Getreide sind der Grund. Das Szenario 3 mit Streifenanbau von Energieholz und Energiegetreide (Agroforstsystem ca. 95 ha), ist im Vergleich zur Salixmonokultur (ca. 170 ha) im Bezug auf Energieinput/Energieoutput etwas ungünstiger, aber der Energieertrag pro Flächeneinheit ist

---

Universität Hohenheim, Inst. Pflanzenbau und Grünland,

<sup>1</sup> Versuchsstation Ihinger Hof

deutlich höher. Auf Grund von Synergieeffekten wurde angenommen, dass die Gesamtbiomasseproduktion auf einer Agroforstfläche 10 % höher ist als die Summe der Biomasse auf den entsprechenden Monokultureinflächen (nach Dupraz (persönl., 2004) haben gute Agroforstsysteme einen 10 – 20 % höheren Flächenertrag). Dies ist eine realistische Einschätzung wie Studien nach dem Potential von Agroforstflächen auf guten Standorten zeigen. Schlechte Standorte (Szenario 4) sind für die Energieproduktion im Agroforst Weide-Getreide ungeeignet.



**Abbildung 1:** Vergleich der Szenarien 1-5 für die Ausgestaltung eines Bioenergiebetriebes mit thermischer Nutzung anhand der Biomasseerträge ( $t a^{-1}$ ), der Energieerträge ( $GJ a^{-1}$ ) und der Nettoenergieerträge ( $GJ a^{-1}$ ).

Die Ergebnisse sind als erste Abschätzung zur Ausgestaltung eines Bioenergiebetriebes mit thermischer Nutzung zu bewerten, weil die Datensätze im Bezug auf die Hecken, Baumreihen, Streuobst sowie der Salixerträge im Agroforst auf Schätzungen von Experten basieren. In der nächsten Phase sollen Prototypen für den Bioenergiebetrieb entwickelt und für differenzierte Ziele in der Praxis evaluiert und optimiert werden. Ausgehend von Prototypen soll ein methodischer Ansatz zur Optimierung von Anbausystemen für Energieproduktion entwickelt werden. Als Grundlage für die Prototypen sollen Parameter wie Klima, Exposition und Bodenqualität berücksichtigt werden.

### Literatur

- Dupraz, C. persönl. 2004. INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), UMR Systemes, Montpellier, Frankreich.
- KTBL. 2005. Faustzahlen für die landwirtschaftliche Praxis. 13. Auflage. (Hrsg.) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Darmstadt. 1095 Seiten.
- Unsel, R. 1999. Kurzumtriebsbewirtschaftung auf landwirtschaftlichen Grenzertragsböden. Biomassenproduktion und bodenökologische Auswirkungen verschiedener Baumarten. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg im Breisgau. 193 Seiten.

## Modellierung des Ertragspotentials von Energiemaissorten an unterschiedlichen Standorten

Michael Dengler, Constanze Böhmel, Simone Graeff-Hönninger & Wilhelm Claupein

### Einleitung

Zur Produktion von Energie über eine Biogasanlage wird in Deutschland derzeit vielfach Energiemais (*Zea mays* L.) eingesetzt. Aufgrund der meist begrenzten Flächenausstattung der landwirtschaftlichen Betriebe ist eine effiziente Pflanzenproduktion mit hohem Biomasseertrag erforderlich. Um den kontinuierlichen Betrieb einer Biogasanlage zu gewährleisten ist eine Abschätzung der notwendigen Anbaufläche erforderlich. Wichtige Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis des maximalen potentiellen Energiemaisertrags eines Standorts.

Mit Hilfe des Pflanzenwachstumsmodells CERES-Mais wurde eine Abschätzung des Ertragspotentials von Energiemaissorten an unterschiedlichen Standorten vorgenommen.

### Material und Methode

Grundlage für die Modellierung waren Daten aus zwei Versuchen zu Energiemais, die an den Standorten Goldener Acker und Ihinger Hof der Universität Hohenheim in den Jahren 2004 und 2005 durchgeführt wurden. Getestet wurden insgesamt 13 unterschiedlich reifende Maissorten.

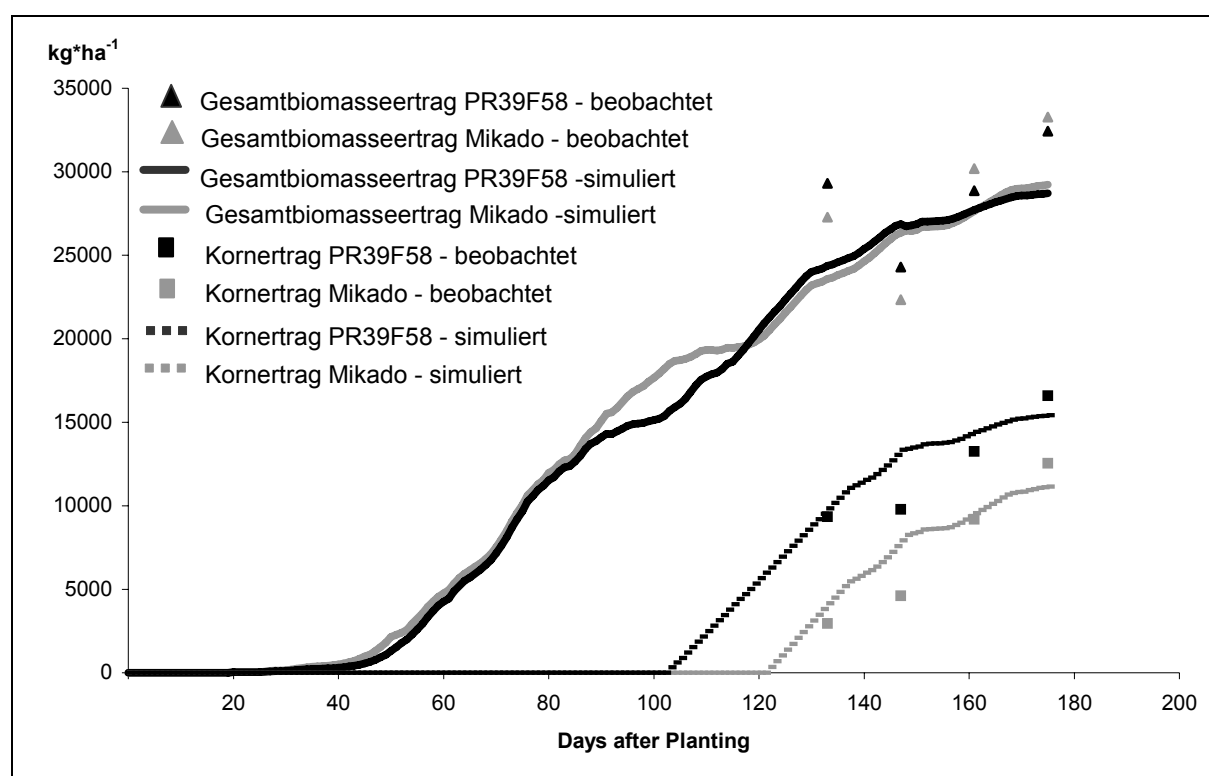
Zur Kalibrierung des Modells wurden der Korn- und Gesamtbiomasseertrag und während der gesamten Vegetationszeit wöchentlich der Bodenwassergehalt, das Entwicklungsstadium der Pflanzen (BBCH), sowie das Phyllochronintervall erfasst. Neben den für die Aufstellung des Modells unbedingt erforderlichen Daten für Saatzeitpunkt, Bodenart und täglichen Wetterdaten (Maximal- und Minimaltemperatur, Niederschlag und Strahlung) wurden der Nmin-Gehalt im Boden und die N-Düngung in das Modell einbezogen. Die Entwicklungsgeschwindigkeit der einzelnen Sorten wird bei CERES-Mais durch die drei Parameter P1, P2 und P5 beschrieben. P1 und P5 drücken dabei die Dauer der juvenilen Phase, bzw. die Dauer vom Sichtbarwerden der Narbenfäden bis zur Vollreife in Gradtagen oberhalb einer Basistemperatur von 8°C aus. Der Einfluss der Tageslänge wird durch den Parameter P2 erfasst. Um die Sortenparameter zu ermitteln wurden aus den Daten der BBCH-Bonitur und den täglichen mittleren Temperaturwerten die Werte für die einzelnen Parameter errechnet.

Anhand der Sorten PR39F58 (S 260/ K 250) und Mikado (S 500) wird für den Standort Goldener Acker exemplarisch jeweils ein Vertreter der mittelfrüh reifenden und der spät reifenden Sorten dargestellt.

### Ergebnisse und Diskussion

Die unterschiedliche Entwicklungsgeschwindigkeit der beiden Sorten führte im Gesamtbiomasseertrag mit 28717 kg ha<sup>-1</sup> (PR39F58) und 29236 kg ha<sup>-1</sup> (Mikado) zu keinen großen Unterschieden. Die durch das Modell errechneten Daten zeigten jedoch, dass die Sorte PR39F58 103 Tage nach der Aussaat mit der Phase der Kornfüllung begann, während die Sorte Mikado dieses Stadium erst 19 Tage später erreichte (Abb. 1). Die Sorte Mikado konnte durch das später einsetzende generative

Stadium mehr vegetative Biomasse bilden, hatte aber bis zur Ernte weniger Zeit zur Korntragsbildung zur Verfügung. Der Korntrags der Sorte Mikado lag mit  $11157 \text{ kg ha}^{-1}$  unter dem der Sorte PR39F58 mit  $15412 \text{ kg ha}^{-1}$  (Abb. 1).



**Abb. 1:** Beobachteter und simulierter Gesamtbiomasseertrag und darin enthaltener Korntrags zweier Sorten für den Standort Goldener Acker aus dem Jahr 2005.

Die geringere Entwicklungsgeschwindigkeit der Sorte Mikado spiegelt sich in den Parametern P1, P2 und P5 wider (Tab. 1). Um die juvenile Phase zu beenden benötigt die Sorte Mikado eine wesentlich höhere Temperatursumme als die Sorte PR39F58. Des Weiteren muss zur Simulation des Verlaufs der Gesamtbiomasse- und Korntragsbildung für die Sorte Mikado im Gegensatz zur Sorte PR39F58 eine Verzögerung der Entwicklung durch Langtagsbedingungen angenommen werden.

**Tab. 1:** Zur Simulation der Entwicklungsgeschwindigkeit verwendete Sortenparameter P1, P2 und P5 für die Sorten PR39F58 und Mikado.

Sorte	P1	P2	P5
PR39F58	150	0,00	850
Mikado	240	0,75	900

Mit der vorgenommenen Kalibrierung war das Modell in der Lage, den Korn- und Gesamtbiomasseertrag der getesteten Sorten an den Standorten Goldener Acker und Ihinger Hof zu simulieren. Auf der Grundlage dieser Daten kann das Modell zur Ertragsabschätzung von Energiemaissorten an weiteren Standorten eingesetzt werden. Anhand der Schätzwerte für Biomasse- und Korntrags kann mittels des Modells eine Empfehlung zur Sortenwahl der getesteten Sorten für einen Standort gegeben werden.

## Zum Einfluss des ökologischen Landbaus auf Feldvögel in der Acker-Knick-Landschaft

Helge Neumann, Leif Bisschop-Larsen<sup>1</sup>, Ralf Loges & Friedhelm Taube

### Einleitung

Dem ökologischen Landbau werden im Vergleich zur konventionellen Wirtschaftsweise im Allgemeinen positive Effekte auf wildlebende Tier- und Pflanzenarten zugewiesen. Die Bedeutung des Ökolandbaus für Brutvögel wurde bislang jedoch kaum systematisch untersucht (Übersicht Hötker, 2004). Im Rahmen des Deutsch-Dänischen Projektes „AVI-LAND“ (Interreg III a-Programm der EU) wurde im Jahr 2005 eine Vergleichsstudie zur Vogelbesiedlung konventionell und ökologisch bewirtschafteter Ackerflächen in Schleswig-Holstein begonnen. Im Folgenden werden Ergebnisse aus dem ersten Erfassungsjahr vorgestellt.

### Material und Methoden

Für die Untersuchungen des Projektes „AVI-LAND“ standen ausgewählte Praxisbetriebe zur Verfügung, deren pflanzliche Produktion bereits in dem Forschungsvorhaben COMPASS der Universität Kiel analysiert wird (Taube et al., 2006). Da das Vorkommen von Feldvogelarten stark von der Landschaftsstruktur beeinflusst wird (Hötker, 2004), wurden die Vogelerfassungen auf der Ebene von Ackerschlagpaaren (ökologisch/konventionell) durchgeführt. Die Paare wurden so ausgewählt, dass sie im Hinblick auf die Ausstattung mit vertikalen Randstrukturen (Hecken/Knicks, Gehölze) sowie die Schlaggröße möglichst identisch waren („paired field design“). Des Weiteren wurde bei der Paarbildung darauf geachtet, dass die Bewirtschaftung der Äcker repräsentativ für die jeweilige Anbauweise war (Tab. 1).

Die Brutvogelerfassungen erfolgten nach der Standardmethode der Revierkartierung (siehe z. B. Bibby et al., 1995). Es wurden alle Arten erfasst, die direkt auf Äckern brüten („Feldvögel im engeren Sinne“). Für die betrachteten Parameter (siehe Ergebnisse) wurde statistisch getestet, ob sich die je Schlagpaar gebildete Differenz zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung signifikant von Null unterscheidet (Einstichproben-T-Test). Vor der statistischen Analyse wurden die ermittelten Daten transformiert (je nach Parameter:  $y = \log(x + 1)$ ;  $y = x^3$ ).

### Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Ackerflächen erwiesen sich mit im Mittel 1,2 (konventionell) bzw. 1,4 (ökologisch) Brutvogelarten je Schlag als sehr artenarm (Tab. 2). Die Brutvogelgemeinschaften wurden von der Feldlerche dominiert, die übrigen Feldvogelarten traten nur sehr „selten“ auf (Präsenz < 25 %). Die Bewirtschaftungsart (konventionell/ökologisch) hatte keinen signifikanten Effekt auf die Artenvielfalt (Artenzahl, Shannon-Index;  $Pr > 0,05$ ). Die Feldlerche erreichte auf den ökologisch bewirtschafteten Äckern signifikant höhere Siedlungsdichten als auf den konventionellen Vergleichsflächen ( $t = -3,6188$ ;  $Pr = 0,0008$ ). Feldlerchen bevorzugen zur Brutzeit lichte und niedrige Vegetationsbestände (Hötker, 2004), so dass der höhere Anteil an Sommersaaten (siehe Tab. 1) sowie die i. d. R. dünneren Pflanzenbestände im ökologischen Anbau der Art entgegenkommen dürften.

---

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel; D-24118 Kiel;

<sup>1</sup> Fyns Amt, Dk-5220 Odense

**Tab. 1:** Anbaufrüchte der Ackerschlagpaare zur Brutzeit 2005

(Flächengrößen:  $x_{\min} = 1,5$  ha;  $x_{\max} = 42,0$  ha;  $\bar{x} = 7,6$  ha; n: Anzahl Schläge, ha: Gesamtfläche in ha)

Kulturarten		Konventionell		Ökologisch	
		n	ha	n	ha
Futterpflanzen	Mais (GPS)	12	80,4	1	11,0
	Ackergras	3	9,7		
	Kleegras			9	52,8
	Erbsen/Gerste (GPS)			5	22,8
Marktfrüchte	Wintergetreide	15	92,2	10	53,8
	Winterraps	8	94,8	1	8,6
	Sommergetreide	1	4,0	7	80,9
	Zuckerrüben	1	27,0		
	Saatvermehrung <sup>1</sup>			2	13,0
	Körnerleguminosen			2	12,9
	Kleegras <sup>2</sup>			3	39,8
Gesamt	alle Kulturarten	40	308,1	40	296,1
	Sommerungen	14	111,4	18	161,5

<sup>1</sup> Ölrettich, Rotklee; <sup>2</sup> Anbau zur Gründüngung (Aufwuchs gemulcht)

**Tab. 2:** Präsenz (P) (%), mittlere Dominanz (D) (%) und mittlere Abundanz (A) (Reviere/10 ha) der auf den Ackerschlagpaaren nachgewiesenen Vogelarten zur Brutzeit 2005 (nicht transformierte Rohdaten, die Abundanz wurde nur für die Feldlerche statistisch getestet, siehe Text; zur Bewirtschaftung siehe Tab. 1)

Vogelart	Konventioneller Anbau			Ökologischer Anbau		
	P <sup>1</sup>	D <sup>2</sup>	A <sup>3</sup>	P	D	A
Feldlerche	57,5	43,93	0,78	72,5	58,54	1,85
Schafstelze	17,5	6,98	0,16	12,5	1,93	0,07
Kiebitz	15,0	11,59	0,28	12,5	5,35	0,17
Fasan	10,0	6,34	0,08	22,5	8,29	0,23
Dorngrasmücke	7,5	2,60	0,04			
Rohrhammer	5,0	1,04	0,02	2,5	0,63	0,01
Wachtel	2,5	2,00	0,13	7,5	2,03	0,12
Sandregenpfeifer	2,5	0,52	0,03			
Sumpfrohrsänger				2,5	1,25	0,09
Braunkehlchen				2,5	1,88	0,04
Wachtelkönig				2,5	0,11	0,01
Anzahl Arten	$x_{\min} = 0$	$x_{\max} = 5$	$\bar{x} = 1,2$	$x_{\min} = 0$	$x_{\max} = 5$	$\bar{x} = 1,4$

<sup>1</sup> Präsenz (P): Prozentuales Vorkommen (ja/nein) einer Art bezogen auf die Gesamtanzahl an untersuchten Schlägen; Klassen (%): 1-25: Art selten; 26-50: Art verbreitet; 51-75: Art häufig

<sup>2</sup> Dominanz (D): Relative Anzahl von Revieren einer Art am jeweiligen Gesamtbestand eines Schrages

<sup>3</sup> Abundanz (A): Siedlungsdichte/Häufigkeit einer Art auf einem Schlag (Anzahl Reviere/10 ha)

## Literatur

Hötker, H. 2004: Vögel in der Agrarlandschaft. Bestand, Gefährdung, Schutz. Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU) (Hrsg.). Warlich-Druck, Meckenheim.

Bibby, J.; Burgess, N. D. und D. A. Hill 1995: Methoden der Feldornithologie. Neumann Verlag, Radebeul.

Taube, F.; Kelm, M.; Verreet, J.-A. und H. Hüwing 2006: COMPASS – Vergleichende Analyse der pflanzlichen Produktion in ökologischen und konventionellen Betrieben in Schleswig-Holstein. Vorträge zur Hochschultagung. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel 108: 121-130.



## Korn- und Biomasseertrag bei Körneramarant (*A. cruentus*, *A. hypochondriacus*)

Daniela M. Gimplinger, Georg Dobos<sup>1</sup> & Hans-Peter Kaul

### Einleitung

Körneramarant gilt in Mitteleuropa nach wie vor als Nischenfrucht. Das Korn des Fuchsschwanzgewächses, das aus Süd- bzw. Mittelamerika stammt, ist glutenfrei und wird wegen seiner wertvollen Inhaltsstoffe geschätzt. Um eine neue Kulturart zu etablieren müssen einerseits durch Produktentwicklung und Marketing Absatzmärkte für die Rohstoffe geschaffen werden. Andererseits sind stabile, zufrieden stellende Rohstoffträge erforderlich. Genotypen, die an den Standort angepasst sind, sind Voraussetzung für einen erfolgreichen Anbau. Weiters ist es notwendig, Bestandesführungsmaßnahmen zu optimieren. Um die Wahl der Bestandesdichte zu optimieren, wurden daher in einem Feldversuch in Ostösterreich Genotypen in unterschiedlich dichten Beständen geprüft.

### Material und Methoden

Während der Jahre 2004 und 2005 wurden drei an das pannonische Klima angepasste Amaranzuchtstämme der Firma ZENO PROJEKTE in fünf unterschiedlich dichten Beständen angelegt. Die mit einer pneumatischen Einzelkornsämaschine gesäten Bestände (Reihenweite 37,5 cm) wurden händisch vereinzelt. Pflanzen auf 2 x 1,5 Laufmetern pro Parzelle wurden von Hand geerntet. Für die Bestimmung der Kornerträge wurden die Fruchtstände mit Hilfe eines Standdreschers gedroschen. Alle Ertragsdaten sind als Trockenmassen dargestellt.

### Ergebnisse und Diskussion

„Neuer Typ“ (*A. hypochondriacus*) und „Amar“ (*A. cruentus*) erreichten höhere Kornerträge als der „Anderer Typ“ (*A. hypochondriacus*) (Tab.1). Der hochwüchsige, blattreiche Zuchtstamm Amar zeigte die höchsten Biomasseerträge. Kennzeichnend für den niedrigwüchsigen, stark verzweigenden Neuen Typ ist ein hoher Ernteindex.

Tab. 1. Kornertrag, Biomasseertrag und Ernteindex von drei Körneramarantstämmen

Jahr	Zuchtstamm	Mittlere Dichte (Pfl. m <sup>-2</sup> )	Kornertrag (kg ha <sup>-1</sup> )	Biomasse (kg ha <sup>-1</sup> )	Ernteindex
2004	Neuer Typ	39 a	2947 a	7742 b	0,38 a
	Anderer Typ	40 a	2043 b	7716 b	0,26 b
	Amar	45 a	2902 a	10597 a	0,27 b
2005	Neuer Typ	30 a	2414 a	6511 b	0,37 a
	Anderer Typ	33 a	2014 b	6438 b	0,31 b
	Amar	28 a	2350 a	9204 a	0,25 c
* Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (SNK, p = 0,05)					

Durch händisches Vereinzeln konnten Bestände in deutlich variierenden Dichtestufen etabliert werden (Tab. 2). Als Folge von steigender Konkurrenz zwischen Amarantpflanzen reduzieren sich während der Vegetationsperiode Bestände in hohen Dichten (Henderson et al., 2000). Bei vorliegender Reihenweite entwickelten sich in der höchsten Dichtestufe etwa 60 bis 80 Pflanzen  $m^{-2}$ . Die Biomasseerträge wurden von der Bestandesdichte nicht beeinflusst. Der Kornertrag wurde ebenfalls nicht deutlich beeinflusst, nahm aber in dichten Beständen tendenziell ab. Als Folge von geringeren Kornerträgen und höheren Stängelmassen (Daten nicht gezeigt) ging der Ernteindex in dichten Beständen zurück.

Tab. 2. Kornertrag, Biomasseertrag und Ernteindex in unterschiedlich dichten Beständen

Jahr	Zieldichte (Pfl. $m^{-2}$ )	Erreichte Dichte (Pfl. $m^{-2}$ )	Kornertrag ( $kg\ ha^{-1}$ )	Biomasseertrag ( $kg\ ha^{-1}$ )	Ernteindex
2004	8	9 a	2843 a	8585 a	0,34 a
	17	16 b	2693 a	8661 a	0,31 ab
	35	33 c	2593 a	8541 a	0,30 ab
	70	59 d	2591 a	8656 a	0,30 ab
	140	84 e	2495 a	8884 a	0,29 b
2005	8	8 a	2384 a	7251 a	0,33 a
	17	15 b	2397 a	7478 a	0,33 a
	35	26 c	2292 a	7568 a	0,31 b
	70	46 d	2126 a	7189 a	0,30 bc
	140	56 e	2097 a	7435 a	0,29 c

\* Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (SNK,  $p = 0,05$ )

### Schlussfolgerungen

Die an das pannonische Klimagebiet in Ostösterreich angepassten Zuchtstämme zeigten in den Jahren 2004 und 2005 Kornerträge von 2100-2800  $kg\ ha^{-1}$  und Biomasseerträge von 7200-8900  $kg\ ha^{-1}$ . Die höchsten Kornerträge und Ernteindices erreichte der Neue Typ, Amar zeigte die höchsten Biomasseerträge. Die Biomasseerträge wurden von der Bestandesdichte nicht beeinflusst. Tendenzuell nahmen die Kornerträge mit steigender Dichte ab, so dass sich der Ernteindex reduzierte.

### Literatur

Henderson, T.L., B.L. Johnson und A.A. Schneiter 2000: Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern Great Plains. Agron. J. 92: 329-336.

## **Einfluss der Stickstoffdüngung auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Winterraps und Winterweizen**

Ph. Grohmann<sup>1</sup>, G.-W. Rathke<sup>2</sup>, R. Hoffmann-Bahnsen<sup>1</sup> & W. Diepenbrock<sup>1</sup>

### **Einleitung**

Der Anbau landwirtschaftlicher Kulturpflanzen dient in zunehmendem Maße der Bereitstellung von Energie oder industriellen Rohstoffen. Inwieweit der Anbau von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen zu einer ressourcenschonenden und umweltverträglichen Kreislaufwirtschaft beiträgt, hängt primär von den Bewirtschaftungsszenarien (Form, Intensität) ab. Besondere Bedeutung kommt hierbei dem Einsatz von Stickstoff (N)-Düngemitteln zu, da von ihnen erhebliche Umweltwirkungen ausgehen können. Die CO<sub>2</sub>-Bindung ist ein wesentlicher Bestandteil pflanzenbaulicher Produktionsprozesse und kann folglich als Grundlage für eine ökologische Bewertung der Anbausysteme herangezogen werden.

### **Material und Methoden**

Die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung wird an die von HÜLSBERGEN et al. (2001) beschriebene Methodik zur Energiebilanzierung nach den Grundsätzen der Prozess-Analyse durchgeführt. Hierbei werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aller Betriebsmittel aufgelistet und aufsummiert. Unter Betriebsmittel sind alle Kraft- und Brennstoffe, Maschinen, Saatgut, Pflanzenschutzmittel und Dünger zu verstehen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen beschreiben sowohl die bei der Verbrennung der Kraft- und Brennstoffe entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch die von der Vorleistungsindustrie erzeugten CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Herstellung der Betriebsmittel. Den CO<sub>2</sub>-Emissionen wird die CO<sub>2</sub>-Bindung gegenüber gestellt. Sie errechnet sich aus dem Kohlenstoffgehalt des Erntegutes und dem stöchiometrischen Verhältnis von Kohlenstoff und Kohlenstoffdioxid. Als Differenz von CO<sub>2</sub>-Bindung und CO<sub>2</sub>-Emissionen lässt sich der CO<sub>2</sub>-Gewinn berechnen, der zur ökonomischen Bewertung eines Anbausystems verwendet werden kann. Zur ökologischen Bewertung lassen sich ferner CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität und CO<sub>2</sub>-Bindung/Emissionen-Verhältnis berechnen. Die CO<sub>2</sub>-Intensität beschreibt die CO<sub>2</sub>-Emissionen je erzeugter Produkteinheit. Zum Vergleich verschiedener Kulturarten werden dazu Getreideeinheiten (GE) verwendet. Das CO<sub>2</sub>-Bindung/Emissionen-Verhältnis ist der Quotient aus CO<sub>2</sub>-Bindung und CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Als Datenbasis für die nachfolgenden Vergleiche dienen Versuche der Landwirtschaftlichen Anwendungsforschung Cunnersdorf der SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH. Es wird verglichen, wie sich die Düngung von Kalkammonsalpeter (KAS, 27% N) oder Harnstoff (46% N) auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Winterraps und Winterweizen auswirkt (nachfolgend Raps - Harnstoff und Raps - KAS bzw. Weizen - Harnstoff und Weizen - KAS benannt). Als Produktionsverfahren wurden dafür zwei von der KTBL standardisierte Produktionsverfahren gewählt.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Während die Produktion von 1 kg KAS-N zu CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2,8 kg führt, werden bei der Produktion von 1 kg Harnstoff-N 0,37 kg CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entzo-

---

<sup>1</sup> Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle

<sup>2</sup> BASF Aktiengesellschaft, Agrarzentrum Limburgerhof, E-APE/DT, Carl-Bosch-Str. 64, 67117 Limburgerhof

gen (PATYK und REINHARDT, 1997). Da aber das im Harnstoff gebundene CO<sub>2</sub> nach der Ausbringung wieder in die Atmosphäre emittiert wird, ergeben sich Emissionen von 0,37 kg CO<sub>2</sub> je erzeugtem Kilogramm N in Harnstoff.

**Tab. 1:** CO<sub>2</sub>-Emissionen (kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>), CO<sub>2</sub>-Bindung (t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>), CO<sub>2</sub>-Gewinn (t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>) CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität (kg CO<sub>2</sub> GE<sup>-1</sup>) und Bindung/Emissionen-Verhältnis der einzelnen Düngungsvarianten

	CO <sub>2</sub> -Emissionen	CO <sub>2</sub> -Bindung	CO <sub>2</sub> -Gewinn	CO <sub>2</sub> -Emissionsintensität	B/E-Verhältnis
	kg CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup>	t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup>	t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup>	kg CO <sub>2</sub> GE <sup>-1</sup>	
Raps - Harnstoff	509,56	9,76	9,25	4,55	19,14
Raps - KAS	994,97	9,54	8,55	9,10	9,59
Weizen - Harnstoff	560,33	14,95 a	14,39 a	5,15	26,68
Weizen - KAS	1021,34	14,88 a	13,86 a	9,44	14,57

gleiche Buchstaben zeigen im vertikalen Vergleich statistisch nicht signifikante Differenzen ( $\alpha \leq 0,05$ )

Durch die Verwendung von Harnstoffdünger anstelle von KAS werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Anbauverfahren um bis zu 49% gesenkt (siehe Tab. 1). In beiden Kulturarten erzeugte der Harnstoffdünger einen höheren Ertrag, woraus sich dementsprechend eine höhere CO<sub>2</sub>-Bindung ergibt. Dieser Unterschied ist beim Winterweizen nicht signifikant, während sich bei Winterraps ein signifikanter Mehrgewinn an CO<sub>2</sub> in Höhe von durchschnittlich 0,7 Tonnen je Hektar zeigt. Der Mehrgewinn in Winterweizen beträgt durchschnittlich 0,5 Tonnen je Hektar. Die CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität verringert sich bei beiden Kulturarten von ca. 9 auf 5 kg CO<sub>2</sub> GE<sup>-1</sup> in den mit Harnstoff gedüngten Varianten. Das CO<sub>2</sub>-Bindung/Emissionen-Verhältnis steigt im Winterweizen beim Vergleich KAS vs. Harnstoff um mehr als 80% von 14,6 auf 26,7. Im Winterraps steigt es sogar um knapp 100% von 9,6 auf 19,1. Basierend auf den Daten für CO<sub>2</sub>-Emissionen und CO<sub>2</sub>-Gewinn ergibt sich im Winterraps bei der Verwendung von Harnstoff anstelle von KAS sowohl ein signifikant höherer CO<sub>2</sub>-Gewinn als auch ein signifikant höheres CO<sub>2</sub>-Bindung/Emissionen-Verhältnis und eine signifikant kleinere CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität. Hier wird also mehr Kohlenstoffdioxid gebunden, bei gleichzeitiger Entlastung der Umwelt durch geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Variante Raps – Harnstoff ist demzufolge der Variante Raps – KAS sowohl aus ökonomischer Sicht als auch aus ökologischer Sicht vorzuziehen. Da beim Winterweizen keine statistisch gesicherten Unterschiede im CO<sub>2</sub>-Gewinn vorzuweisen sind, können die beiden Düngungsvarianten aus ökonomischer Sicht gleichrangig bewertet werden. Da sich aber CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität und Bindung/Emissionen-Verhältnis signifikant zu Gunsten der Harnstoffvariante verbessert haben, ist die Variante Weizen – Harnstoff der Variante Weizen – KAS aus ökologischer Sicht ebenfalls vorzuziehen.

## Literatur

- PATYK, A., G.A. REINHARDT, 1997: Düngemittel – Energie- und Stoffstrombilanzen, Vieweg Verlag Braunschweig/Wiesbaden.
- HÜLSBERGEN, K.-J., B. FEIL, S. BIERMANN, G.-W. RATHKE, W.-D. KALK, W. DIEPENBROCK, 2001: A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86, 303-321.

# Einfluss von Standorteigenschaften, Jahreswitterung und Wachstumsreglereinsatz auf die sortendifferenzierte Ausprägung der Pflanzenlänge von Winterweizen und Wintergerste

Jürgen Kauke

## Einleitung

Die sortendifferenzierte Ausprägung der Pflanzenlänge von Getreidebeständen wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Neben dem gezielten Einsatz von Wachstumsreglern können auch die Jahreswitterung und die Standorteigenschaften einen erheblichen Einfluss auf das Längenwachstum der Pflanzen nehmen. Während sich beispielsweise beim Mais in Parzellensortenversuchen wegen der großen Wuchshöhe Nachbarschaftseffekte nur durch Kerndrusch vermeiden lassen (CASTLEBERRY 1986), wird bei Winterweizen und Wintergerste die Bildung von Teilsortimenten als anerkannte, kostensparende Methode zur Verm. zwischen den Einflussfaktoren näher zu untersuchen.

## Material und Methoden

Als Datengrundlage dienen Sortenversuchsstandorte in Niedersachsen unterteilt in die beiden Standortgruppen Sandböden und Lehm Böden aus den Versuchsjahren 2003 – 2005. Die Einzelversuche beinhalten neben dem Faktor Sorte auch den Faktor Intensität, wobei Wachstumsregler in standortüblichen Aufwandmengen zum Einsatz kamen oder aber in Abhängigkeit vom Prüfglied nicht eingesetzt wurden. Stickstoff wurde in beiden Intensitätsstufen identisch in optimaler Höhe gedüngt.

## Ergebnisse und Diskussion

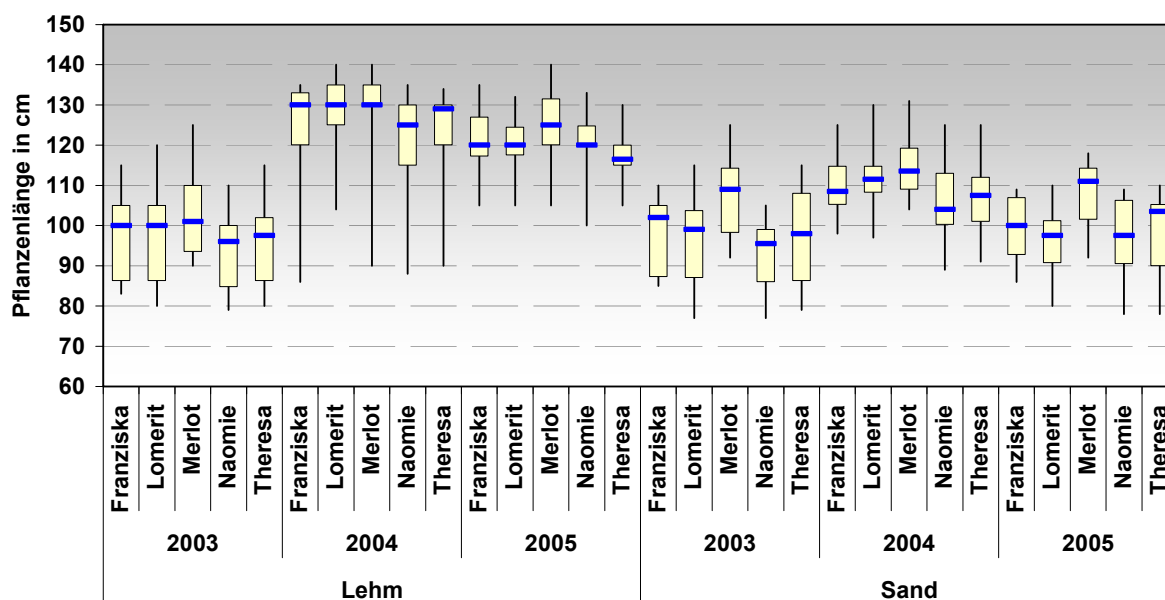
Das sehr trockene Jahr 2003 führt ohne den Einsatz von Wachstumsreglern im Vergleich zum feuchteren Jahr 2004 zu einer mittleren Differenz der Halmlänge von 17,9 cm bei Wintergerste und 18,1 cm bei Winterweizen. Der Einfluss des Faktors „Boden“ ist ohne Wachstumsreglereinsatz bei Wintergerste mit einer Differenz von 21,0 cm erheblich größer als bei Winterweizen mit 7,7 cm. Die Wechselwirkungen Boden X Jahr führen ebenfalls zu signifikanten Differenzierungen (Tab.1).

**Tab. 1:** Varianztabelle unterteilt nach Fruchtarten und Wachstumsreglereinsatz

		ohne Wachstumsregler				mit Wachstumsregler			
		Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Wintergerste	Korrig. Modell	5244	48,7	0,000	0,546	3787	40,9	0,000	0,494
	Konst. Term	4681155	43459,6	0,000	0,991	4380815	47254,1	0,000	0,991
	Boden	14431	134,0	0,000	0,249	5552	59,9	0,000	0,125
	Jahr	11372	105,6	0,000	0,343	8574	92,5	0,000	0,306
	Sorte	1356	12,6	0,000	0,135	1951	21,0	0,000	0,201
	Boden X Jahr	3441	31,9	0,000	0,136	2422	26,1	0,000	0,111
	Fehler	108				93			
Winterweizen	Korrig. Modell	3526	111,7	0,000	0,779	2299	84,9	0,000	0,725
	Konst. Term	2623153	83104,7	0,000	0,997	2288308	84548,8	0,000	0,997
	Boden	1120	35,5	0,000	0,111	140	5,2	0,024	0,018
	Jahr	8135	257,7	0,000	0,644	5621	207,7	0,000	0,589
	Sorte	3348	106,1	0,000	0,598	2101	77,6	0,000	0,517
	Boden X Jahr	423	13,4	0,000	0,086	451	16,7	0,000	0,103
	Fehler	32				27			

Die grafische Darstellung als Box-Whisker-Plot zeigt grundsätzlich, dass bei Wintergerste die Interquartilbereiche und auch die Variationsbreiten bei den meisten Sorten

vergleichsweise groß ausfallen. Die absolute Halmlänge der ausgewählten Sorten differenziert allerdings nicht so stark wie beim Winterweizen. An der bekanntermaßen längeren Wintergerstensorte Merlot zeigt sich auch, dass der Standort, bzw. das Jahr nicht alle Sorten einheitlich bezüglich ihrer Pflanzenlänge beeinflusst. Während Merlot auf Sandböden in den Jahren 2003 und 2005 alle übrigen Sorten im Median der Pflanzenlänge vergleichsweise deutlich übertrifft, ist diese Eigenschaft in den Jahren 2003 und 2004 auf Lehmböden nicht erkennbar (Abb. 1).



**Abb.1:** Differenzierungen von Pflanzenlängen verschiedener Wintergerstensorten in Abhängigkeit von Jahr und Standort ohne den Einsatz von Wachstumsreglern

Beim Winterweizen zeigt sich beim Vergleich der Sorten Tommi und Dekan ein ähnlicher Effekt. Während beide Sorten auf Lehm- und Sandstandorten im Jahre 2003 eine fast gleiche Pflanzenlänge ausgebildet haben, kommt es auf Lehmstandorten sowohl 2004 als auch 2005 zu teilweise deutlichen Unterschieden. Die Ergebnisse lassen somit folgende Schlussfolgerung zu: Sowohl die Bodeneigenschaften, als auch die Jahreswitterung beeinflussen die Pflanzenlänge von Wintergerste und Winterweizen erheblich. Nicht alle Sorten zeigen auf diese Einflüsse identische Reaktionen. Bei der Bildung von Teilsortimenten in Sortenversuchen kann diese Tatsache zumindest im „Grenzbereich“ zwischen den beiden Längengruppen zu Problemen führen. Eine Eingruppierung von Sorten in Teilsortimente abhängig von der Pflanzenlänge in Versuchsanstellungen muss deswegen immer auf Basis mehrjähriger Ergebnisse unterschiedlicher Standortgruppen geschehen.

## Literatur

- Büchse, A., E. Thomas, V. Guiard 2001: Bildung von Teilsortimenten zur Vermeidung von Nachbarschaftseffekten in Sortenversuchen. Gülzow 2001  
 Castleberry, R.M. 1986: Border height effects on two row corn plot yields. Report of the 41st Annual Corn and Sorghum Research Conference

## **Einfluss verschiedener Fruchtfolgen auf Ertrag und Qualität der Feldfrüchte auf einem Lössstandort**

### **- Versuchskonzept und -anlage -**

Svea Pacyna, Heinz-Josef Koch & Bernward Märländer

#### **Einleitung**

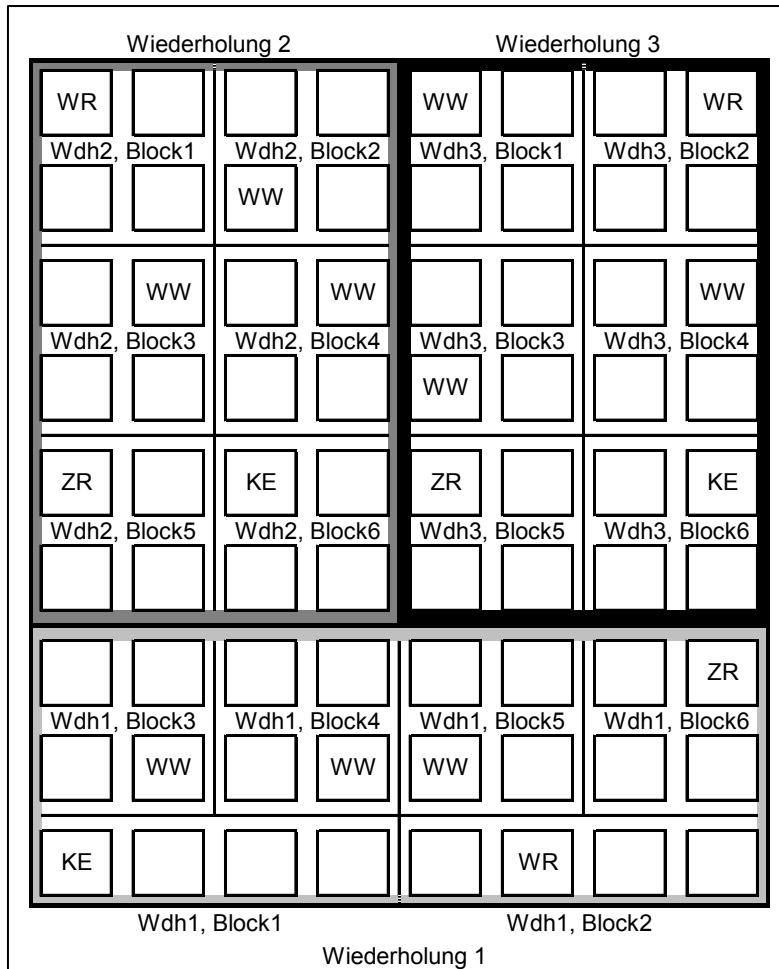
Neben Raps und Mais ist die Zuckerrübe eine wichtige Blattfrucht in den heute üblichen, stark getreidebetonten Fruchtfolgen der Ackerbauregionen Deutschlands. Die Entkopplung der Prämienzahlungen vom Anbau einzelner Kulturen sowie die Reform der Zuckermarktordnung könnten zukünftig in Deutschland zu einem Rückgang des Rübenanteils und zu einer Erweiterung der bisher überwiegend drei- bis vierfeldrigen Zuckerrüben-Getreide-Fruchtfolge führen. Dabei dürften wirtschaftlich starke Kulturen wie Weizen, Mais oder Raps immer mehr an Bedeutung gewinnen. Neben der Wirkung unterschiedlicher Blattfrüchte im Vergleich zum Weizenanbau könnte die Erweiterung enger Fruchtfolgen zu fünf- bis sechsfeldrigen Fruchtfolgen eine weitere ökonomisch interessante Alternative darstellen. Vorteile weiter Fruchtfolgen sind möglicherweise in Ertragssteigerungen bei gleichzeitig reduziertem Unkraut- bzw. Krankheitsdruck zu sehen. Bisher weniger beachtete Schädlinge wie Nematoden und Pilzkrankheiten wie *Rhizoctonia solani* könnten dagegen zukünftig bei einer engen Abfolge von Zuckerrübe und Raps bzw. Mais in einer Fruchtfolge verstärkt zu Problemen führen. Vor diesem Hintergrund sollen mit einem neu angelegten Dauerversuch folgende Aspekte bearbeitet werden:

1. Einfluss der Zuckerrübe verglichen mit Weizen, Raps und Mais auf Ertrag und Qualität der Folgefrucht Weizen
2. Einfluss verschiedener Fruchtfolgen, des Einsatzes schwerer bzw. leichter Erntemaschinen und der Zuckerrübenblattabfuhr bzw. -zufuhr auf die Bodenqualität
3. Einfluss einer engen Abfolge von Raps bzw. Mais mit Zuckerrübe in einer Fruchtfolge auf Ertrag und Qualität bzw. das Auftreten von Unkräutern, Schädlingen und Krankheiten bei den einzelnen Früchten

#### **Versuchskonzept und -anlage**

Der Versuchsstandort liegt in Harste nordwestlich von Göttingen (142 m ü. NN). Die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur beträgt 8,9 °C und der mittlere Jahresniederschlag 607 mm. Der Bodentyp ist eine schwach pseudovergleyte Parabraunerde aus Löss und die Bodenart ein mittel toniger Schluff (Ut 3) mit der Bodenzahl 73. Die einzelnen Früchte werden in sechs drei- sowie einer sechsfeldrigen Fruchtfolge angebaut. Seit 2005 ist der Versuch für eine Gesamtdauer von mindestens 12 Jahren angelegt. Die in diesem Versuch angebauten Fruchtfolgen sind:

1. Zuckerrübe – Winterweizen – Winterweizen
2. Winterweizen – Winterweizen – Winterweizen
3. Silomais – Winterweizen – Winterweizen
4. Winterraps – Winterweizen – Winterweizen
5. Zuckerrübe – Winterweizen – Körnermais (zusätzl. Einsatz schwerer Maschinen)
6. Zuckerrübe – Winterweizen – Winterweizen (Zuckerrübenblattab- bzw. zufuhr)
7. Zuckerrübe – Winterweizen – Winterraps – Winterweizen – Winterweizen – Körnererbse



**Abb. 1:** Anordnung der einzelnen Früchte auf der Versuchsfläche (4,92 ha) am Beispiel der 7. Fruchtfolge. KE Körnererbse, WR Winterrap, WW Winterweizen, ZR Zuckerrübe. Alle Prüfglieder (Felder der Fruchtfolge) sind jedes Jahr in dreifacher Wiederholung im Feld.

Durch den parallelen Anbau aller Prüfglieder (Felder der Fruchtfolge) jedes Jahr im Feld können bereits nach wenigen Versuchsjahren erste Vorfruchtwirkungen in den einzelnen Fruchtfolgen beschrieben werden (Abb. 1).

Die einzelnen Prüfglieder der jeweiligen Fruchtfolge sind entsprechend einer hierarchischen, zwei-faktoriellen Blockanlage frei randomisiert auf der Versuchsfläche verteilt.

Die Versuchsfläche ist dabei wie folgt unterteilt (Abb. 1): Drei Hauptblöcke entsprechen drei Wiederholungen (Wiederholung 1-3); jede Wiederholung besteht aus sechs Blöcken (Blöcke 1-6) und jeder Block wiederum aus vier Parzellen. Die Verteilung aller Fruchtfolgen auf sechs Blöcke jeder Wiederholung erfolgt vollständig randomisiert, so dass in jedem Block nur Prüfglieder verschiedener Fruchtfolgen miteinander kombiniert sind.

In Querrichtung ermöglichen 13 m breite Wege jederzeit eine Befahrung der Parzellen mit praxisüblichen Maschinen, wobei in Längsrichtung 2,5 m breite Wege eine exakte Trennung benachbarter Parzellen gestatten und die Vermischung von Boden benachbarter Parzellen unterbinden. Die Fläche jeder Parzelle beträgt 227 m<sup>2</sup> und erlaubt detaillierte Untersuchungen des Bodens sowie der Pflanzen. Die Bodenbearbeitung soll ausschließlich pfluglos erfolgen und Sortenwahl, Pflanzenschutz und Düngung sollen den Regeln des integrierten Pflanzenbaus folgen. Eine gestaffelte N-Düngung ist zunächst nicht vorgesehen. Zwischenfruchtanbau soll soweit wie möglich integriert werden.

Jährlich zu ermittelnde Parameter aller Prüfglieder sind: Bestandesdichte, Ertrags- sowie Qualitätsparameter, N<sub>min</sub>-Gehalt, Humusgehalt.

Periodisch zu ermittelnde Parameter bestimmter Fruchtfolgen sind: Nematoden-Besatzdichte, Bonituren verschiedener Krankheiten, unterschiedliche Bodenparameter wie Eindringwiderstand, Lagerungsdichte, Nährstoffgehalte.



## Effect of ploughing under a loess soil after several years of conservation tillage on sugar beet yield and quality

Svea Pacyna, Nicol Stockfisch & Heinz-Josef Koch

### Introduction

Conservation tillage systems are feasible to substitute mouldboard ploughing and have gained more and more in importance for agricultural soil cultivation. The well known advantages of conservation tillage are increased soil aggregate stability, reduced erodibility, prevention of plough soles as well as reduced costs of crop management. However, shallow-mixing conservation tillage may also enhance soil strength in the lower layer of the formerly ploughed horizon to which sugar beet are more sensitive than other crops (Liebhard, 1997; Tomanová et al., 2006). To alleviate the detrimental influence of a compacted soil layer on sugar beet growth a single ploughing operation after several years of conservation tillage may be conducted.

To test this hypothesis the effect of ploughing after several years of conservation tillage on sugar beet yield and quality was determined in a long-term field trial at Göttingen (Lower Saxony, Germany).

### Experimental design

In 1992 the experimental site was divided into three fields to grow sugar beet, winter wheat and winter barley in a rotation having each crop in one of the fields every year. Following winter barley, white mustard was grown as a catch crop. The site was characterised by loess soil (clayey silt) and temperate climate (8,8 °C annual mean temperature and 602 mm annual mean precipitation).

On each field two tillage systems were established (randomised block design, 4 replicates): continuous ploughing (30 cm, CP) and continuous shallow-mixing conservation tillage ( $\leq 10$  cm, CCT). After several years half of the conservation tillage plots were treated by a single ploughing operation (30 cm, SP) between harvest of winter barley and sowing of mustard. SP was performed on fields 1, 3 and 2 in 1998, 1999 and 2000, respectively. In each following year sugar beet was sown at a distance of 7,7 and 45 cm within and between rows, respectively. After plant establishment, plants were singled resulting in 96.000 plants ha<sup>-1</sup>. N-fertilisation of 110 kg N ha<sup>-1</sup> was broadcasted after sowing. Herbicides and fungicides were applied following regional standards.

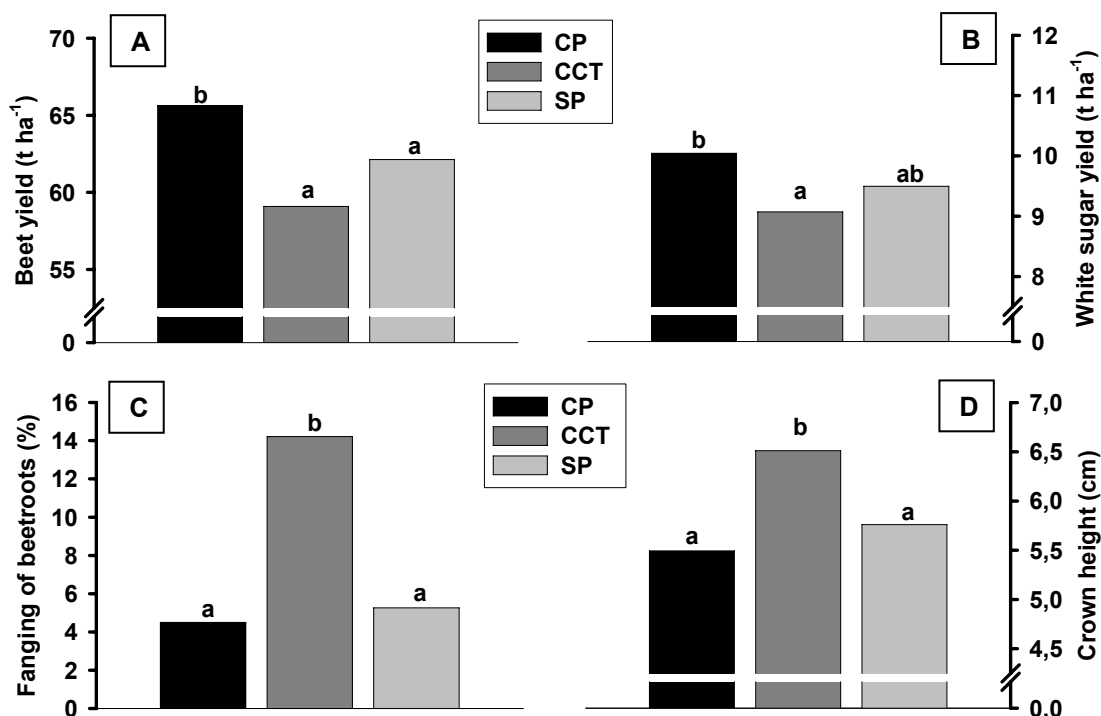
After sowing soil penetration resistance was measured. In autumn beet yield, white sugar yield, fanging of beetroots and crown height above soil level was determined.

### Results and discussion

On average of three years of investigation beet yield (Fig. 1A) and white sugar yield (Fig. 1B) were significantly higher after CP compared to CCT. In contrast, SP treatment could not completely alleviate the negative effects of CCT on yield: Beet and white sugar yield were intermediate and not significantly different from the other treatments. Fanging of beetroots (Fig. 1C) and crown height (Fig. 1D) were significantly increased after CCT compared to CP and SP treatments.

Fanging of beetroots is known to be increased by high soil mechanical resistance (Rydberg 1992). Liebhard (1997) observed that sugar beet growth was restricted

when the penetration resistance measured in spring exceeded 1,8 MPa on a loamy soil.



**Fig. 1:** Influence of tillage on beet yield (A), white sugar yield (B), fanging of beetroots (C) and crown height (D). Average of fields 1 to 3 (1999-2001). Different letters indicate significant differences between tillage systems (Tukey's test,  $p \leq 0,05$ ).

In the present study, penetration resistance was close to 1,8 MPa in 10-20 cm depth of the CCT treatment (not shown) resulting in substantially lower yield, higher fanging of beetroots and higher crown height above soil level. In contrast, penetration resistance in the topsoil of the SP treatment was much lower and close to that of CP tillage (not shown), but yield of SP treatment was still diminished compared to CP treatment. This yield decrease did not go along with higher fanging of beetroots and crown height.

Obviously, other effects than soil mechanical resistance have limited beet growth when ploughing under a loessial soil after several years of conservation tillage. It is hypothesized that shortages or quality in nutrient supply differed and may have played an important role for reduced growth.

## Literature

- Liebhard, P. 1997: Einfluss der Primärbodenbearbeitung auf Ertrag, Ertragsverhalten und ausgewählte Qualitätskriterien von Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell) im ober-österreichischen Zentralraum (Teil 8). Die Bodenkultur 48: 3-14.
- Rydberg, T. 1992: Ploughless tillage in Sweden. Results and experiences from 15 years of field trials. Soil & Till. Res. 22: 253-264.
- Tomanová, O.; N. Stockfisch und H.-J. Koch 2006: Einfluss langjährig pflugloser Bodenbearbeitung auf Wachstum und Nährstoffversorgung von Zuckerrüben während der Vegetationsperiode. Pflanzenbauwissenschaften 10: 16-25.

## Bioenergiepotenziale von Landschaftspflegeholz

Bettina Tonn, Ulrich Thumm & Wilhelm Claupein

### Einleitung

Mit dem Begriff Landschaftspflegeholz wird holzartige Biomasse bezeichnet, die bei Schnitt- und Pflegemaßnahmen im landwirtschaftlichen, gartenbaulichen und landschaftspflegerischen Bereich anfällt. Wesentliche Quellen sind flächenhafte Nutzungen, wie Obstbaumplantagen, Rebflächen und Streuobstwiesen, sowie lineare Strukturen, zu denen Verkehrswege- und Gewässerbegleitgehölze sowie Feldhecken zählen.

Landschaftspflegeholz wird derzeit in den meisten Fällen als Mulchmaterial am Ort des Anfalls belassen, dort verbrannt oder in Kompostanlagen verwertet. Eine energetische Nutzung findet trotz Vorhandensein der nötigen technischen Voraussetzungen bislang nur in geringem Ausmaß statt. Hier besteht die Möglichkeit, flächenneutrale Bioenergiequellen zu erschließen. Wenn eine Vermarktung von Hackschnitzeln aus Landschaftspflegeholz dazu beiträgt, Pflegekosten für Feldhecken und Gehölze der freien Landschaft zumindest teilweise zu kompensieren, kann darüber hinaus ein Anreiz zum Erhalt bzw. zur Neuanlage dieser Strukturen und zur Durchführung der dafür unabdingbaren Pflegemaßnahmen geschaffen werden.

### Problemstellung

Eine Schwierigkeit bei der Realisierung des Biomassepotentials von Landschaftspflegeholz besteht in der unzureichenden Datenbasis über vorhandene Flächen und Zuwachsraten der einzelnen Gehölzgruppen, wobei für Gehölze der freien Landschaft die wenigsten Informationen vorliegen. Biomassepotenzialstudien, in denen Landschaftspflegeholz berücksichtigt wird, basieren notwendigerweise auf zahlreichen Schätzungen und Annahmen, was zu erheblichen Unterschieden bei der Menge der angegebenen technischen Potentiale führt (Tab. 1).

Tab. 1: Technische Biomasse- und Bioenergiepotenziale von Landschaftspflegeholz

		Buddenberg & Kralemann (2002); Meinhardt (2000) <sup>1</sup>	Schneider <i>et al.</i> (2005) <sup>2</sup>
Flächen- nutzungen	Öffentliche Grünflächen	1,19 Mio $t_{\text{atro/a}} \rightarrow 9,5 \text{ PJ/a}$	---
	Obstbaumplantagen	0,28 Mio $t_{\text{atro/a}} \rightarrow 2,2 \text{ PJ/a}$	0,38 Mio $t_{\text{atro/a}} \rightarrow 6,0 \text{ PJ/a}$
	Rebflächen	1,45 Mio $t_{\text{atro/a}} \rightarrow 11,6 \text{ PJ/a}$	
	Streuobstwiesen	6,30 Mio $t_{\text{atro/a}} \rightarrow 50,4 \text{ PJ/a}$	
Lineare Strukturen	Feldhecken / Gehölze der freien Landschaft		0,17 Mio $t_{\text{atro/a}} \rightarrow 2,6 \text{ PJ/a}$
	Verkehrswegerandgehölze		0,06 Mio $t_{\text{atro/a}} \rightarrow 0,9 \text{ PJ/a}$
	Gewässerrandgehölze	0,01 Mio $t_{\text{atro/a}} \rightarrow 0,2 \text{ PJ/a}$	
Summe		9,22 Mio $t_{\text{atro/a}} \rightarrow 73,8 \text{ PJ/a}$	0,62 Mio $t_{\text{atro/a}} \rightarrow 9,7 \text{ PJ/a}$

1: verändert: Ergebnisse zusammengeführt, Berechnung der Energiepotenziale mit  $H_u=16 \text{ MJ/kg}_{\text{atro}}$

2: verändert: Umrechnung der Biomassepotenziale von FM ( $w=50 \%$ ) in absolut trocken, Berechnung der Energiepotenziale mit  $H_u=16 \text{ MJ/kg}_{\text{atro}}$ ; Biomassepotenzial Obstbaumplantagen, Rebflächen und Streuobstwiesen aus angegebenem Energiepotenzial berechnet

Überregionale Studien erlauben es, das Potenzial von Landschaftspflegeholz in den Rahmen des Gesamtbiomassepotenzials Deutschlands einzuordnen. Als konkrete Planungsgrundlagen für Wirtschaftlichkeit und Logistik meist dezentral organisierter Verwertungsketten werden zusätzlich möglichst genaue Informationen über regionale Potenziale benötigt. Sofern diese, auf Landes- und Kreisebene, existieren, sind sie jedoch mit ähnlichen Unsicherheiten behaftet wie die zuvor zitierten Studien, da sie auf vergleichbaren Methoden und Annahmen beruhen.

### **Ansatz zur Quantifizierung der Energiepotenziale von Landschaftspflegeholz**

Ein an der Universität Hohenheim begonnenes Forschungsvorhaben hat die Zielsetzung, Daten zu erheben und Methoden zu entwickeln, die eine genauere Quantifizierung regionaler Bioenergiepotenziale von Landschaftspflegeholz ermöglichen sollen. Dabei wird zunächst für ein Beispielgebiet Baden-Württembergs eine regionale Inventur aller vorhandenen nichtforstlichen Gehölzstrukturen, mit einem Schwerpunkt auf linearen Gehölzen, durchgeführt werden. Zusätzlich sollen Quantität und Qualität der aus linearen Gehölzelementen erzeugbaren Hackschnitzel erfasst und zur Ertragsvorhersage geeignete morphologische Parameter bestimmt werden. Die bei der Ertragsbestimmung linearer Strukturen relevante Problematik der Randeffekte und davon abgeleitet die Frage nach der von diesen Strukturen effektiv beanspruchten Fläche sind dabei zu berücksichtigen.

Auf Grundlage dieser Untersuchungen ist ein exemplarischer Vergleich der in der Literatur vorhandenen Schätzwerte mit den empirisch erfassbaren Potenzialen an Landschaftspflegeholz möglich. Die entwickelte Methode soll darüber hinaus auch auf andere Regionen anwendbar sein und Planungsgrundlagen für die Umsetzung von Projekten zur energetischen Nutzung von Landschaftspflegeholz liefern. Des Weiteren wird erwartet, daß die Ergebnisse es erlauben werden, die Leistungsfähigkeit von Gehölzen unterschiedlicher Standorte und Struktur im Vergleich zu anderen Bioenergieträgern, z. B. Kurzumtriebsplantagen, zu bewerten (Abb.1).

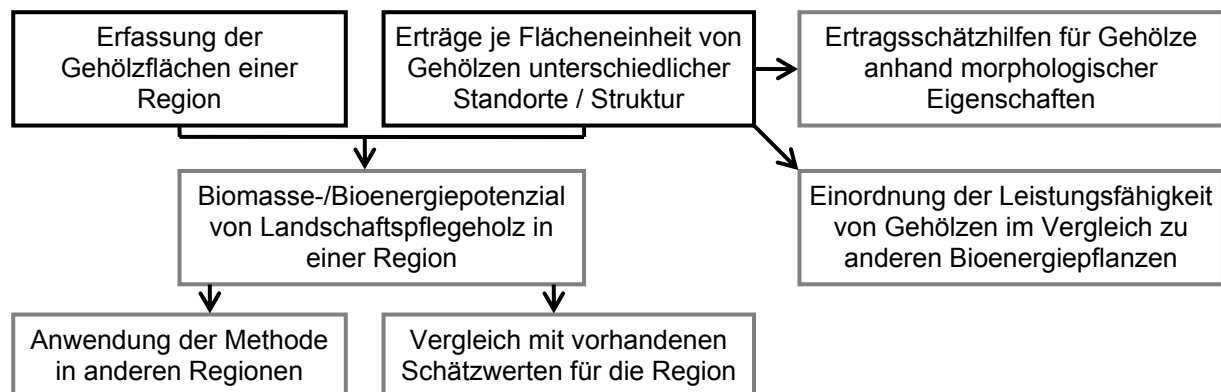


Abb. 1: Untersuchungsbereiche und Ziele des vorgestellten Forschungsvorhabens

### **Literatur**

- Buddenberg, J. und M. Kralemann 2002: Welches Potential bietet der Energieholzmarkt wirklich? Status und Entwicklungstendenzen des Energieholzmarktes in Deutschland am Beispiel Niedersachsen. Studie der Niedersächsischen Energieagentur, Hannover; 36 S.
- Meinhardt, N. 2000: Energieholz in Baden-Württemberg – Potenziale und derzeitige Verwertung. Diplomarbeit an der Fachhochschule Nürtingen, Fachbereich Landespflge, 69 S.
- Schneider, S.; S. Deimling und M. Kaltschmitt 2005: Biogene Festbrennstoffe im Energiesystem. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (Hrsg.): Leitfaden Bioenergie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. 2. Aufl. FNR, Gülzow, S. 23-42.

## **Einfluss des Standortes auf den Ertrag und das Trocknungsverhalten bei der Holzproduktion im Kurzumtrieb**

Peter Liebhard, Herbert Weingartmann<sup>1</sup> & Dejan Milovanovic<sup>1</sup>

### **Einleitung**

Weltweit wird bis zum Jahr 2015 der Hackgutbedarf für die Zellstoff- und Plattenindustrie sowie für die Wärme- und Stromerzeugung um bis zu 50 % steigen. Trotz höherer Zuwächse auf den Waldflächen und steigenden Holzvorräten in bestimmten Ländern kann der zusätzliche Bedarf nur zum Teil aus der Forstwirtschaft gedeckt werden. In der Landwirtschaft gibt es eine regionale Überproduktion und dies erfordert eine Flächenstilllegung von mehr oder weniger hochwertigen Flächen. Die vorliegenden Ergebnisse bei der Holzproduktion im Kurzumtrieb zeigen, dass die Ertragsleistung einerseits vom Klimaraum, andererseits von den Standortbedingungen sowie von der Baum- bzw. Klonart und der Bewirtschaftungsintensität abhängig ist. Geerntet wird in periodischen Umtriebszeiten. Das Erntegut (Hackgut) weist einen Wassergehalt von ca. 50 % auf. Die Trocknung des Erntegutes führt zu einer Reihe positiver Auswirkungen, im Besonderen zu einer Erhöhung der Effizienz bei der Verbrennung. Eine Trocknung von Energieholz erfolgt derzeit aus ökonomischen Gründen nur dann, wenn eine günstige Energiequelle – meist mit vorgegebenem Temperaturniveau – zur Verfügung steht. Solche Energiequellen sind z.B. Abwärme aus BHKW-Anlagen, aus der Rauchgaskondensation eines Heizwerkes oder aus solar angewärmter Umgebungsluft.

### **Material und Methoden**

Die Feldversuche wurden in Groß Enzersdorf, im Marchfeld sowie in Gießhübl bei Amstetten, im Alpenvorland, durchgeführt. **Groß Enzersdorf** (153 m Seehöhe) repräsentiert das semiaride Klimagebiet mit heißen, trockenen Sommern und kalten schneearmen Wintern. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9,7 °C. Die mittlere Jahressumme der Niederschläge beträgt 551 mm. Der Boden des Versuchstandortes liegt im Bereich der Donauniederung und ist ein schwach vergleyter, kalkhaltiger Grauer Auboden. Der Standort **Gießhübl/Amstetten** (320 m Seehöhe) liegt in der Einflusszone des mitteleuropäischen Klimas. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 8,4 °C. Die Niederschlagsmenge liegt Ø bei 870 mm.

Die Auspflanzung der Weide – fünf Klone, bei Pappel vier Klone, (Stecklinge von 20 cm Länge) erfolgte auf beiden Standorten Mitte Mai 1996. Als Versuchsanlage wurde aus erntetechnischen Gründen eine Blockanlage gewählt (Tab. 1), eine Brutto-parzelle besteht aus drei Doppelreihen. Geerntet wurde mit einer Motorsäge in einer Höhe von 10 cm über dem Boden. Da innerhalb einer Pflanze („Baumes“) die einzelnen Kompartimente (Stammabschnitte, Seitentriebe und Äste) naturgemäß eine unterschiedliche Feuchtigkeit haben, wurde das Erntegut von 10 Pflanzen je Parzelle zu Hackgut mit einer Korngröße von 0,5 bis 2,0 cm zerkleinert und homogenisiert. Die Felddaten wurden mittels mehrfaktorieller Varianzanalyse (Programmpaket SAS) und dem Newmann-Keuls-Test (Mittelwertvergleiche) ausgewertet.

Die Trocknung des Erntegutes erfolgte mit einer für experimentelle Zwecke gebauten Trocknungsanlage (Steuerung mit einem (speziell geschriebenen) Basic Programm). Die

---

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

<sup>1</sup> Universität für Bodenkultur, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Landtechnik, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

Anlage besteht aus drei Boxen, mit drei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten und Trocknungstemperaturen. Das Trocknungsmaterial wird auf Horden in einer Schütthöhe von zwei bis drei cm aufgebracht (entspricht den Anforderungen der Dünnschicht-Trocknung – „Thin Layer Drying“). Die Auswertung der Trocknungsversuchsdaten erfolgte nach einem Modell „Exponentialfunktion für einen trockenungsspezifischen k-Wert für den Verlauf“ (Statistik Programm SPSS, Version 11.5).

Tab. 1: Versuchsanlage: Holzproduktion im Kurzumtrieb

	Standort Gießhübl		Standort Groß Enzersdorf	
	3-jähriger Umtrieb	5-jähriger Umtrieb	3-jähriger Umtrieb	5-jähriger Umtrieb
Wiederholungen	3	3	4	4
Pflanzabstand (cm)	50	50	50	50
Doppelreihenabstand (cm)	70	70	75	75
Fahrgassenabstand (cm) (zwischen Doppelreihen)	150	250	150 (Weide)	(Weide) 150 (Pappel) 250
Sollpflanzenzahl/ha	18 500	12 500	17 777	(Weide) 17.777 (Pappel 12.308)
Parzellenlänge (m)	20	20	20	20

### Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 und 2 zeigen, dass erwartungsgemäß am semihumiden Standort der Ertrag höher ist und dass mit längerer Vegetationszeit (fünfjähriger Umtrieb) es zu einer schwach signifikanten Erhöhung kam. Mit zunehmender Nutzungsdauer der Anlage – erster bis dritter Umtrieb - kam es zu Veränderungen zwischen den Klonen, der Umtriebsfolge und den Umtriebszeiten (deutlich unterschiedliche Kulminationspunkte). Im ersten Umtrieb kam es zu relevanten Unterschieden im jahresbezogenen Biomasseertrag (in atro/ha), im dritten Umtrieb ergaben sich auf beiden Standorten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klonen. Im Trocknungsverlauf des Hackgutes zeigte sich, dass die Trocknungstemperatur der bedeutendste Einflussfaktor ist, gefolgt von der Strömungsgeschwindigkeit der Trocknungsluft. Bei der Strömungsgeschwindigkeit ergab sich erst beim höchsten Wert, bei 0,25 m/s, ein Unterschied. Aus der Wechselwirkung ist ersichtlich, dass sich bei höherer Temperatur die höhere Strömungsgeschwindigkeit stärker positiv auf die Trocknungskonstante auswirkt. Einen statistisch nachweisbaren Effekt auf die Trocknungskonstante ergaben der Standort und das Baumalter. Mit zunehmendem Alter kam es zu einer stärkeren Verholzung des Erntegutes. Nicht abgesichert, jedoch im Trend zeigte sich ein Einfluss der Holzart auf das Trocknungsverhalten.

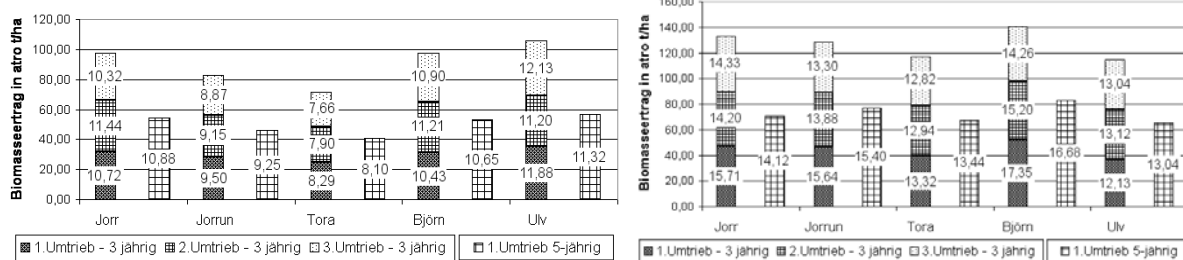


Abb. 1: Verlauf des Biomasseertrages (Umtriebsmittel) in atro t/ha, Standort Groß Enzersdorf, 1997 bis 2005  
 Abb. 2: Verlauf des Biomasseertrages (Umtriebsmittel) in atro t/ha, Standort Gießhübl/Amstetten, 1997 bis 2005

## **Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen – Ertrag und Ertragsaufbau in Abhängigkeit von der Baumart und Umtriebszeit**

Barbara Boelcke

### **Einleitung**

Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb sind langfristig als regenerative Energiequelle interessant, weil sie die Chance zur Realisierung niedriger Produktionskosten bieten und keine Umweltbelastung beim Anbau verursachen. Die in Mitteleuropa für den Kurzumtrieb geeigneten Pappel- und Weidenarten können 20-30 Jahre als Dauerkultur genutzt werden, wobei die Ernte in Abständen von 3-10 Jahren erfolgt und der Stockausschlag die Voraussetzung für die jeweils nächste Ernte darstellt.

Vor Einführung dieser Nutzungsform in die landwirtschaftliche Praxis sind Aussagen zum standortabhängigen Ertragspotenzial unverzichtbar. So wurden zu Beginn der 1990er Jahre mehrere Experimente mit Pappel- und Weidenklonen an der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern begonnen. Ausgewählte Ergebnisse zur Holzmasseleistung 1993-2004 am Standort Gülzow, Landkreis Güstrow, sind Gegenstand dieses Beitrages. Ergebnisse der im gleichen Zeitraum durchgeführten Bodenuntersuchungen liegen vor bei KAHLE und HILDEBRAND (gleiche Mitt.).

### **Material und Methoden**

Der 1,6 ha große Versuch in Gülzow wurde im Frühjahr 1993 mit Steckhölzern begründet (Standortcharakteristik siehe KAHLE und HILDEBRAND, gleiche Mitt.). Die mittlere jährliche Niederschlagssumme während der 12-jährigen Prüfdauer lag mit 532 mm zwar nur geringfügig unter dem langjährigen Mittel von 543 mm. Jedoch sind darin Schwankungen von 360 mm (2003) bis 660 mm (2002) enthalten.

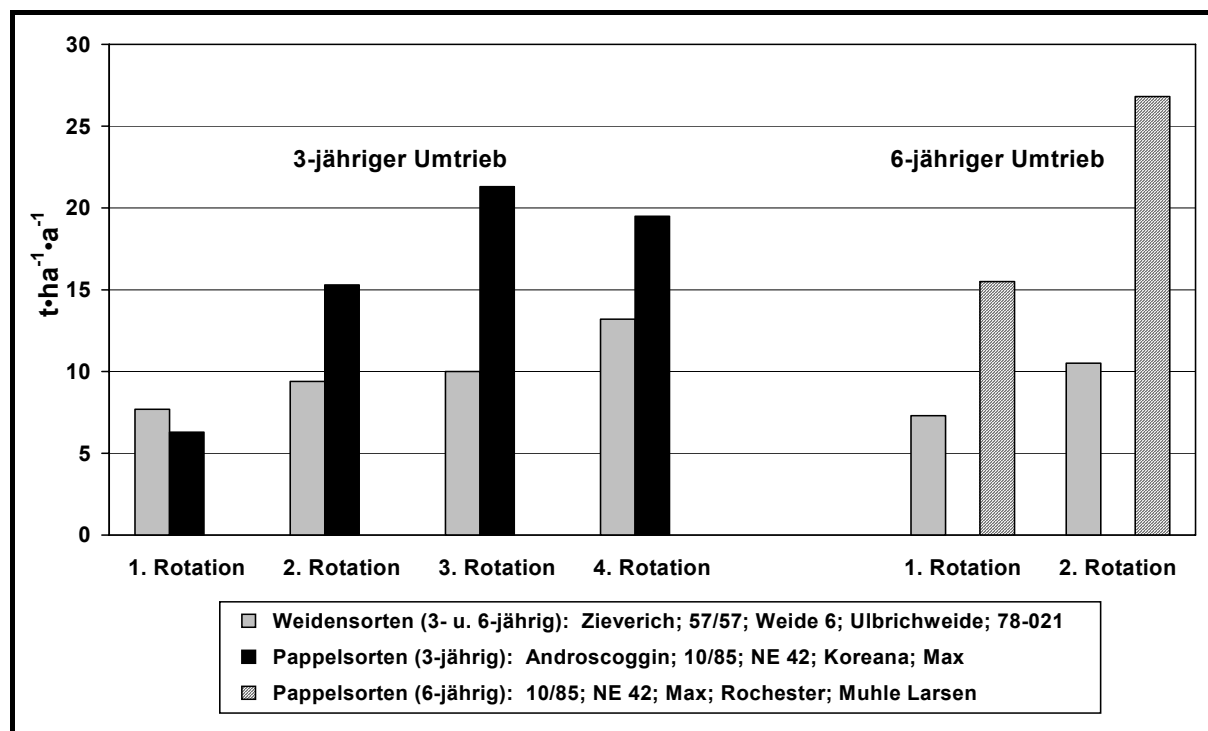
In der randomisierten Blockanlage in 3facher Wiederholung stehen 17 Pappel- und 6 Weidenklone, die in 3- und 6jährigen Umtrieben geerntet werden (BOELCKE und KAHLE, 2000). Bisher erfolgten im Januar/Februar 1996, 1999, 2002 und 2005 Ernten der 3-jährigen Aufwüchse/Stock sowie 1999 und 2005 die Ernten der 6-jährigen. Ergebnisse 1-jähriger Aufwüchse liegen für den Zeitraum 1995-1999 vor.

Die Parzellen-Bruttofläche je Klon beträgt 135 m<sup>2</sup>, das sind 3 Reihen á 30 m Länge. Im Pflanzverband 1,50 m x 0,50 m wurden 13.300 Stück/ha etabliert. Die mittlere Reihe jeder Parzelle wird zur Ertragsermittlung genutzt, so dass dem Ertrag die Masse von 45-60 Bäumen je Klon zugrunde liegt. Trockenmassebestimmungen (bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz) wurden an repräsentativen Abschnitten aus dem unteren, mittleren und oberen Bereich der Bäume bzw. Triebe für jedes Prüfglied ausgeführt. Der Ertrag wird als Jahresleistung je Hektar ausgewiesen.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Der durchschnittliche Jahresertrag in den 12 Nutzungsjahren (incl. Pflanzjahr) lag im Mittel des geprüften Pappelsortimentes, 3-jähriger Umtrieb bei 13,2 t·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup> Holztrockenmasse, im 6-jährigen Umtrieb bei 20 t·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup>. Das Weidensortiment erreichte im 3-jährigen Umtrieb 10,1 t·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup> und 8,9 t·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup> im 6-jährigen Umtrieb. Der

Effekt der Umtriebszeit auf den Jahreszuwachs in Kurzumtriebsplantagen wird durch das Ergebnis bei jährlicher Ernte besonders deutlich. So wurden bei jährlichem Rückschnitt im Mittel von 3 Jahren  $6,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  Weiden und  $6,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  Pappeln geerntet, während bei 3-jährigem Umtrieb im gleichen Zeitraum der Ertrag auf  $9,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  (Weiden) und  $15,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  (Pappeln) angestiegen ist.



**Abb. 1:** Jährlicher Holztrockenmasseertrag in Abhängigkeit von der Baumart und Umtriebszeit (Gülzow 1993-2004, Mittelwert ausgewählter Klone)

Pappeln und Weiden unterscheiden sich im Umfang des Stockausschlages und im Konkurrenzverhalten der Nebentriebe im Wachstumsverlauf. Die bei den Pappeln festgestellten 3-6 Nebentriebe verringerten sich auf 0,5-1 (6-jährig) bzw. 1,5-3 (3-jährig) ertragswirksame Triebe. Die Dominanz des Haupttriebes ist bereits im ersten Jahr nach dem Rückschnitt vorhanden und verstärkt sich mit zunehmendem Alter des Aufwuchses. Kaum differenzierte Triebgruppen von 8-10 Stück je Stockausschlag sind für alle Weidenarten charakteristisch, die dann bis zur Ernte auf 5-6 reduziert waren.

Die Ertragsüberlegenheit der Pappel gegenüber den Weiden nimmt weiter zu bei 6-jährigem Umtrieb. Die in der Abb. 1 dargestellten Erträge sind das Mittel der 5 Klone/Sorten, die im Ergebnis dieser 12-jährigen Prüfungen für den Anbau im Nordosten Deutschlands empfohlen werden (BOELCKE 2006). Das bisher höchste nutzbare Ertragspotenzial in der Versuchsanlage Gülzow hatte die Neuzüchtung 10/85 mit  $28,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  im dritten 3-jährigen Umtrieb und  $34,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  im zweiten 6-jährigen Umtrieb.

### Literatur

- Boelcke, B. und P. Kahle 2000: Leistung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb und erste Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften. Die Holzzucht 53: 5-10  
 Boelcke, B. 2006: Leitfaden zur Erzeugung von Energieholz. 38 S., Hrsg.: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern



## **Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen: Bodeneigenschaften nach mehrjähriger Nutzung**

Petra Kahle & Elke Hildebrand

### **Einleitung**

Die schnellwachsenden Baumarten Pappel (*Populus*) und Weide (*Salix*) eröffnen aufgrund von Ertragsleistung, Stoffeigenschaften und Transpirationspotenzial breite Nutzungsmöglichkeiten und somit Alternativen zur Agrarproduktion. Bisherige Untersuchungen an Kurzumtriebsplantagen beschäftigten sich vordergründig mit Fragen der Biomasseproduktion, der Phytoremediation und der Brennstoffqualität. Informationen zur Beeinflussung vormals landwirtschaftlich genutzter Böden sind dagegen seltener und zudem häufig auf den Zeitraum unmittelbar nach der Bestandesgründung beschränkt.

An zwei repräsentativen Standorten Mecklenburg-Vorpommerns wurden Experimentalanlagen eingerichtet, um die Entwicklung und das Ertragsverhalten verschiedener Pappel- und Weidenklone (vgl. Poster Boelcke) zu verfolgen sowie die Beeinflussung chemischer und physikalischer Bodeneigenschaften zu prüfen. Vorgestellt werden Bodenuntersuchungsergebnisse nach 12 jährigem Anbau schnellwachsender Bäume. Vergleiche zu baumlosen Referenzparzellen innerhalb der Experimentalanlagen bzw. angrenzenden konventionell genutzten Ackerböden bleiben fortführenden Auswertungen vorbehalten.

### **Material und Methoden**

An den Standorten Gülzow (GUL) und Vipperow (VIP), gelegen im jungpleistozänen Flachland Mecklenburg-Vorpommerns, wurden im Zeitraum 1992/93 auf ehemals ackerbaulich genutzten Flächen verschiedene Pappel- und Weidenklone gepflanzt und in 3- (GUL, VIP) und 6-jährigen Umtriebszeiten (GUL) bewirtschaftet (Tab. 1). Das auf den Oberboden (0-20 cm) ausgerichtete Untersuchungsprogramm umfasst die Bestimmung von:  $C_{org}$  und  $N_t$ , pflanzenverfügbare Makronährstoffe (P, K, Mg), pH-Wert, Trockenrohddichte, Wasserretentionsverhalten bei verschiedenen pF-Werten (1,7; 2,48, 4,2) und daraus ableitbare Kennwerte (Porosität und Porengrößenverteilung: Grobporen >50  $\mu\text{m}$ , Mittelporen 0,2-50  $\mu\text{m}$ , Feinporen <0,2  $\mu\text{m}$ ). Die Beprobungen erfolgte vor der Anpflanzung (1992/93), nach 6 (1999/2000) sowie nach 12 Standjahren (2005).

### **Ergebnisse und Diskussion**

Für die Versuchsstandorte Gülzow und Vipperow sind die nach 12jähriger Standzeit der Pappeln und Weiden erzielten Effekte in Tab. 2 (chemische Kennwerte) und 3 (physikalische Kennwerte) aufgeführt. Der signifikante Anstieg der  $C_{org}$ - und  $N_t$ -Gehalte in den Baum - Parzellen resultiert aus der Anreicherung von organischer Bodensubstanz durch anfallende Blatt- und Wurzelmasse sowie der in diesem Anbausystem nicht notwendigen Bodenbearbeitung. Es bleibt abzuwarten, auf welchem Niveau sich das Gleichgewicht auf Dauer einstellt. Im Hinblick auf die pH-Werte trat das in anderen Versuchen in Deutschland beobachtete Absinken bisher nicht ein (Makeschin, 1994). Die P-, K- und Mg-Gehalte des Bodens unterliegen insgesamt geringen Variationen. Obwohl die Flächen seit 1992/93 nicht gedüngt worden sind, blieb die Einstufung in die LUFA-Gehaltsklassen unverändert.

**Tab. 1:** Standortcharakteristika und Eigenschaften der Oberböden

Standort	Mittl. Luft-temp. a <sup>-1</sup> °C	Mittl. Niederschlags-summe a <sup>-1</sup> mm	Bodentyp	Substrat	T	U	S	CaCO <sub>3</sub>
						g*kg <sup>-1</sup>		g*kg <sup>-1</sup>
GUL	8,2	543	Braunerde	g-s	56	238	706	0,0
VIP	8,0	640	Parabraunerde	g-s/ g-l	51	219	730	0,2

Bei den physikalischen Prüfparametern ist die mit der Anreicherung von organischer Bodensubstanz verknüpfte signifikante Abnahme der Trockenrohdichte besonders hervorzuheben. Auf dieser Basis ergibt sich eine Zunahme des Porenvolumens, die am Standort GUL über die gesamte Versuchsdauer (1993 bis 2005) anhält und alle Porengrößenklassen betrifft. Am Standort VIP ist hingegen keine kontinuierliche Erhöhung der Porosität über die Zeit zu verzeichnen. Unabhängig davon sind beide Standorte durch eine Dominanz der für die Wasserversorgung der Bäume relevanten Mittelporen charakterisiert. Deren Anteil war bereits nach 6jähriger Standdauer der Bäume signifikant erhöht. Im Hinblick auf die Wasserretention zeigen sich im Bereich niedriger Wasserspannung (pF 1,7) Anstiege, während bei höheren pF-Werten (pF 2,48 bzw. 4,2) entweder keine gerichtete bzw. insgesamt nur geringe Beeinflussungen festzustellen sind.

**Tab.2:** Entwicklung chemischer Bodeneigenschaften (0-20cm)

Standort	Jahr Variante	C <sub>org</sub> %	N <sub>t</sub> %	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O mg*100g <sup>-1</sup>	Mg
GUL	1993	0,73	0,086	5,7	6,6	15,1	2,6
	1999 Bäume	1,03 <sup>a</sup>	0,093	5,5	7,7	16,6	2,1
	2005 Bäume	1,04 <sup>a</sup>	0,103 <sup>a</sup>	5,7	12,3 <sup>a,b</sup>	15,3	3,5 <sup>b</sup>
VIP	1993	0,77	0,093	5,9	7,5	17,7	n.b.
	2000 Bäume	1,02 <sup>a</sup>	0,116 <sup>a</sup>	6,4	6,4	19,2	5,9
	2005 Bäume	1,17 <sup>a</sup>	0,109	6,4	12,5 <sup>b</sup>	14,3	5,7

**Tab.3:** Entwicklung physikalischer Bodeneigenschaften (0-20cm)

Standort	Jahr Variante	$\rho_d$ g*cm <sup>3</sup>	pv %	Porenverteilung			Wasserretention		
				%			%		
				GP	MP	FP	$\theta_{pF1,7}$	$\theta_{pF2,48}$	$\theta_{pF4,2}$
GUL	1993	1,65	37,8	12,7	19,7	5,3	25,0	22,7	5,3
	1999 Bäume	1,57 <sup>a</sup>	40,9 <sup>a</sup>	9,2 <sup>a</sup>	26,1 <sup>a</sup>	5,5	31,7 <sup>a</sup>	24,7	5,5
	2005 Bäume	1,46 <sup>a,b</sup>	44,8 <sup>a,b</sup>	13,8 <sup>b</sup>	25,1	6,0	31,1 <sup>a</sup>	22,2 <sup>b</sup>	6,0
VIP	1993	1,52	42,2	9,7	28,3	4,3	32,6	24,3	4,3
	2000 Bäume	1,32 <sup>a</sup>	49,8 <sup>a</sup>	14,5	30,8 <sup>a</sup>	4,5	35,2 <sup>a</sup>	19,0 <sup>a</sup>	4,5
	2005 Bäume	1,39 <sup>a</sup>	47,5 <sup>a</sup>	12,8	29,7	5,0	34,7	22,7	5,0

<sup>a</sup> signifikant verschieden im Vergleich mit 1993

<sup>b</sup> signifikant verschieden im Vergleich mit 1999/2000

n.b. nicht bestimmt

## Literatur

Makeschin, F. 1994: Effects of Energy Forestry on soils. Biomass and Bioenergy Vol.6, No.1/2: 63-79

## Einfluss unterschiedlicher Standortbedingungen auf langjähriges Ertragsverhalten und auf ausgewählte Qualitätskriterien von *Miscanthus sinensis* ‚Giganteus‘ in Österreich

Peter Liebhard & Werner Praznik<sup>1</sup>

### Einleitung

*Miscanthus sinensis* ‚Giganteus‘, eine ausdauernde, leistungsfähige „low input“ C<sub>4</sub>-Pflanze mit hohem energetischem Nettoenergiegewinn (beinahe ganzjährige Nutzung der eingestrahlten Sonnenenergie) weist in der Ertragsleistung eine große Streubreite auf. Jährlich werden zwischen 3,5 t (Etablierungsphase) und 25,0 t Trockenmasse (Hauptnutzungsphase) erreicht. Die derzeit vorliegenden Ergebnisse reichen nicht aus, um die im Verlauf der Nutzungsdauer eintretenden kurz-, mittel- und langfristigen Veränderungen im Ertragsverhalten oder bei speziellen Qualitätskriterien im Erntegut beurteilen zu können.

### Material und Methoden

Seit 1989 werden in Österreich auf fünf, ab 1994 auf sechs unterschiedlichen Standorten (Klima und Boden) der Biomasseaufwuchs ermittelt und ausgewählte Qualitätskriterien untersucht (Tab. 1).

**Tab. 1:** Kurzbeschreibung der Versuchsstandorte in Österreich

Standort	Bundes-Land	Klimaraum, Ø-Temperatur, Ø-Jahresniederschlag	Bodentyp
St. Florian	Ober-österreich	Semihumid mit pannonischem Einschlag, 9,0 °C, 853 mm	Tagwasservergleyte kalkfreie Lockersediment-Braunerde
Michelndorf	Nieder-österreich	Semiarid mit semihumidem Einschlag, 9,4 °C, 620 mm	Kalkhaltige Lockersediment-Braunerde
Markgraf-Neusiedl	Nieder-österreich	Semiarid – pannonisch, 9,6 °C, 558 mm	Mitteltiefgründiger Tschernosem
Groß Enzersdorf	Nieder-österreich	Semiarid – pannonisch, 9,7 °C, 552 mm	Grauer Auboden
Steinbrunn	Burgen-Land	Semiarid – pannonisch, 9,5 °C, 651 mm	Tiefgründige Lockersediment-Braunerde
Ilz	Steiermark	Illyrisch mit schwach mediterranem Einfluss, 9,0 °C, 982 mm	Kalkfreier brauner Auboden

Für die Ertragserfassung wurden je Versuchsstandort und Erntetermin vier Wiederholungen (6 m<sup>2</sup> = ca. 6 Pflanzen) mit einer Gartenschere 10 cm über dem Boden geerntet. Nach dem Trocknen auf Gewichtskonstanz bei 105 °C erfolgte das Vermahlen auf 0,5 mm. Der Lignin-gehalt wurde nach der Methode KLASON (1978) und der Zellulosegehalt nach TAPPI (1978) ermittelt.

Bei der Auswertung kamen Varianzanalyse, Bonferoni-Holm-Test für multiple Mittelwertvergleiche und die Regressions- und Kovarianzanalyse zur Anwendung. Verrechnet wurde mit dem Programmpaket NCSS 6.0.21.

### Ergebnisse und Diskussion

Der Ertrag nahm vom ersten bis zum dritten Vegetationsjahr stark zu und blieb während der Hauptnutzungsphase, je nach Standort und Jahreswitterung, beinahe auf konstanter Höhe.

---

Universität für Bodenkultur, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien  
<sup>1</sup> Universität für Bodenkultur, Department für Chemie, Muthgasse 18, A-1190 Wien

Ab dem zweiten Jahr ist ein hoher Einfluss des Standortes und der Jahreswitterung gegeben. Die Niederschlagsmenge von Mai bis September war für den Wachstumsverlauf und die Biomasseakkumulation entscheidend. Die niedrigeren Erträge bei Ernte Mitte März gegenüber Ende November sind auf den Blattfall und das Abbrechen dünner Stängel zurückzuführen (Tab. 2).

**Tab. 2:** Standort- und Jahreswitterungseinfluss auf Trockenmasseertrag (TM) in dt ha<sup>-1</sup> im Spätherbst und bei Nachwinterernte (Etablierungsphase 1989 und 1990, Hauptnutzungsphase 1991 bis dato)

Vegetations-Jahr	Ernte-termin	St.Florian	Micheln-dorf	Markgraf-Neusiedl	Stein-brunn	Ilz	Groß Enzersdorf
1989							---
	März	4.325	3.900	2.880	1.815	3.055	---
1990	November	16.480	9.780	17.334	7.960	13.808	---
	März	15.705	8.810	14.830	7.960	12.135	---
1991	November	30.700	27.990	25.288	19.480	24.980	---
	März	24.850	22.080	21.310	17.540	23.270	----
1992	November	25.370	23.720	25.463	23.460	30.180	---
	März	22.950	19.830	21.745	20.870	28.670	---
1993	November	27.265	19.620	26.853	21.780	29.320	---
	März	23.020	17.950	22.975	19.330	26.110	----
1994	November	24.840	18.420	24.853	19.228	27.680	7.260
	März	20.330	15.600	20.650	17.300	25.800	5.980
1995	November	21.260	20.350	26.425	20.360	28.980	18.430
	März	17.990	17.630	22.650	18.720	27.600	15.870
1996	November	24.850	27.190	23.413	22.040	28.130	19.480
	März	19.580	23.150	19.420	18.930	25.945	17.680
1997	November	25.280	24.098	22.238	21.360	26.210	22.360
	März	20.650	20.150	19.235	17.860	23.483	20.370
1998	November	23.760	22.640	24.320	29.640	25.860	23.280
	März	19.840	18.760	20.650	17.690	22.740	20.840
1999	November	22.480	21.450	22.730	19.840	24.330	23.650
	März	17.650	17.870	19.270	16.870	20.780	21.060
2000	November	22.980	22.280	22.920	20.480	23.420	22.470
	März	18.390	18.290	19.460	17.740	20.510	19.650
2001	November	21.450	---	---	---	23.860	18.790
	März	17.280	---	---	---	21.430	16.570
2002	November	22.780	---	---	---	24.210	19.980
	März	18.130	---	---	---	21.940	17.460
2003	November	22.790	---	---	---	23.790	20.120
	März	18.670	---	---	---	21.060	17.870
2004	November	23.240	---	---	---	24.780	20.360
	März	19.070	---	---	---	22.390	18.560
2005	November	22.960	---	---	---	23.980	21.780
	März	18.470	---	---	---	21.250	18.320

**Tab. 3:** Einfluss des Bestandesalters auf den Lignin-, Lignozellulose- und Zellulosegehalt in % der TS, Ernte Mitte März

	Ligningehalt in % der TS	Lignozellulosegehalt in % der TS	Zellulosegehalt in % der TS
1. Vegetationsjahr	23,32	59,89	41,76
2. Vegetationsjahr	22,89	65,06	44,91
3. Vegetationsjahr	23,04	64,64	45,35
8. Vegetationsjahr	22,89	64,88	46,87
16. Vegetationsjahr	22,96	64,72	46,64

Der Ligningehalt in der Trockensubstanz lag zwischen 22,9 und 23,3 %, wobei keine relevanten Unterschiede in den untersuchten Aufwüchsen vorlagen (Tab. 3). Für die Lignozellulose wurden Werte zwischen 59,9 und 65,1 % ermittelt, wobei der Zellulosegehalt im Bereich von 41,8 und 46,9 % lag. Im einjährigen Bestand wurden deutlich niedrigere Werte als bei den etablierten Aufwüchsen gemessen.

## Einfluss des Erntetermins auf das Ertragspotential und das Kohlehydratmuster bei ausgewählten Topinambursorten im semiariden Produktionsgebiet Österreichs

Laura Kocsis & Peter Liebhard

### Einleitung

Topinambur bildet ähnlich der Kartoffel neben einem bedeutenden oberirdischen Aufwuchs unterirdisch Sprossknollen aus, in denen große Mengen des Polyfructans Inulin synthetisiert und als Reservekohlenhydrat eingelagert werden. Die zumeist linear strukturierten Molekülketten bestehen aus einer im Verlauf der Vegetationszeit variierenden Anzahl von Fructoseeinheiten, welche in furanoser Form vorliegen und fast ausschließlich ( $\beta$ 2-1)-glycosidisch miteinander verknüpft sind. Von den gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen erreichen die Fruktane zunehmende Bedeutung. Das Verhältnis der Kohlenhydrate zueinander verändert sich auf Grund der sortenabhängigen optimalen Erntetermine und im Besonderen wegen der langen möglichen Ernteperiode. Die Ergebnisse zeigen einen entwicklungsphysiologischen Vergleich verschiedener Topinambursorten in Abhängigkeit von der Jahreswitterung und der damit erzielbaren Fruktanmenge.

### Material und Methoden

Die Feldversuche mit den Zeitstufenernten wurden am nordöstlichen Stadtrand von Wien durchgeführt (Tab. 1). Die Flächen befinden sich auf 170 m Seehöhe und sind Teil des Produktionsgebietes Marchfeld-Niederterrasse. Das trockene pannonische Klima ist in dieser Region besonders ausgeprägt. Im langjährigen  $\bar{\Delta}$  fallen 520 mm Niederschlag, die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9,8 °C. Tiefe Wintertemperaturen sowie geringe Schneedecken verursachen vielfach Kahlfröste. Angebaut wurden die frühreife Sorten Bianka, die mittelfrühe Topstar, die mittelspäten Fuseau 60, Violett de Rennes und Waldspindel sowie die späte Sorte Rote Zonenkugel. Der Versuch wurde als zweifaktorielle Blockanlage (6 Sorten, 9 Erntetermine) in dreifacher Wiederholung, Bruttoparzellengröße 9 m<sup>2</sup> angelegt. Die Inulinbestimmung erfolgte nach Säurehydrolyse der Fructane mit der Glucose/Fructose UV-Testkombination von Boehringer-Mannheim. Nach Abzug der freien Glucose, Fructose und der Saccharose vor der Hydrolyse wurde das Inulin berechnet. Wärmesumme = Summe der Tagestemperaturmittelwerte von über 4 °C (ab Pflanztermin).

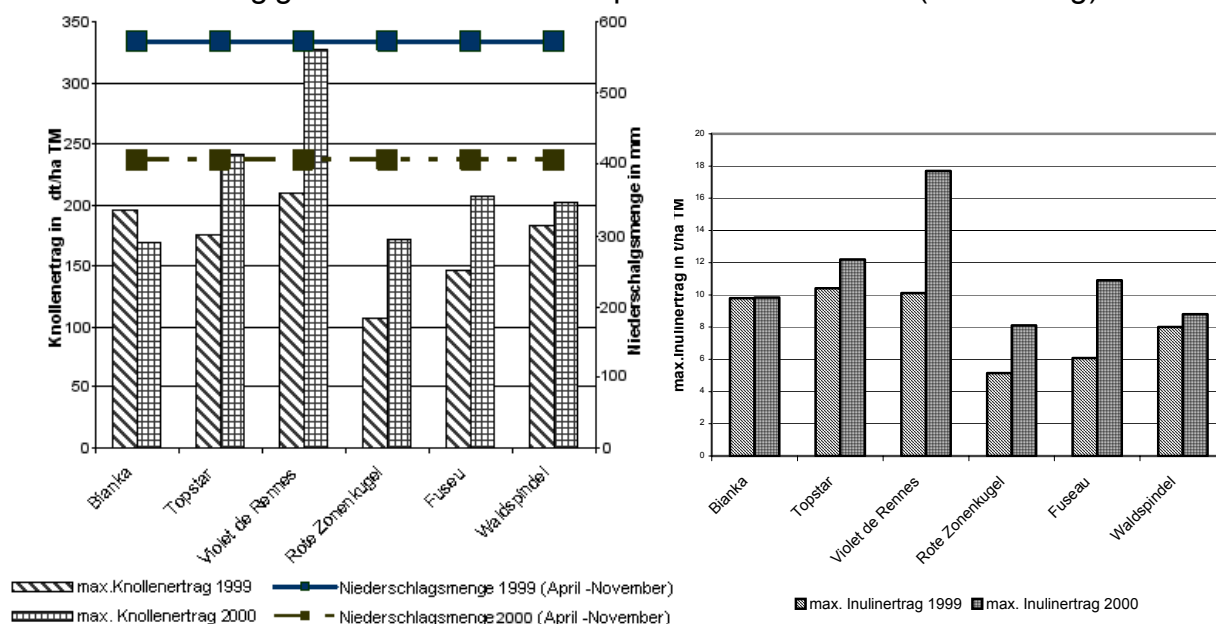
**Tab. 1:** Knollenerntetermine sowie jeweils zum Erntetermin erreichte Wärmesummen

Vegetationsjahr 1999/2000			Vegetationsjahr 2000/2001		
Erntetermin	Vegetationszeit in Wochen	Wärmesumme in °C	Erntetermin	Vegetationszeit in Wochen	Wärmesumme in °C
03.08.99	14	1733	07.08.00	17	2106
23.08.99	17	2138	21.08.00	19	2443
09.09.99	19	2444	04.09.00	21	2714
29.09.99	22	2823	18.09.00	23	2952
18.10.99	25	3053	16.10.00	27	3362
16.11.99	29	3282	13.11.00	31	3653
13.12.99	33	3328	11.12.00	35	3805
01.03.00	44	3476	06.03.01	47	3955
20.03.00	47	3578	26.03.01	50	4123

## Ergebnisse und Diskussion

Je nach Knollenreifegruppe erfolgt eine unterschiedlich lange Ein- und Zwischenlagerung der Assimilate in den Blättern und Stängeln. Die Frühsorte Bianka erreichte bereits ab Mitte September, die mittelfrühe Sorte Topstar ab Ende September, die Mittelspät- und Spätsorten Violet de Rennes, Fusseau 60, Waldspindel und Rote Zonenkugel ab Mitte bis Ende November den höchsten Knollenertrag. Auch bei der Frühjahrsernte waren bei den Mittelspät- und Spätsorten die Knollenerträge am höchsten (Werte nicht angeführt).

Aufgrund der sorten- und witterungsbedingten Vorgaben streuten die Knollenerträge stark (Abb. 1). Bei etwa gleichem Erntetermin (gleiche Kalenderwoche) war im Jahr 2000 die zum jeweiligen Erntetermin erreichte Wärmesumme höher, die sich im Knollenertrag und auch im Inulinertrag positiv auswirkte (Abb. 2). Die Ergebnisse zeigen, dass neben einer harmonischen Nährstoffversorgung (SCHITTENHELM 1999, STOLZENBURG 2005) sowohl die Sorte, aber auch der Witterungsverlauf mit Auswirkung auf die **Wärmesumme** einen hohen Einfluss auf den Knollenertrag und den sortenabhängigen unterschiedlichen optimalen Erntetermin (Inulinertrag) haben.



**Abb. 1:** Einfluss von Sorte und Jahreswitterung auf den Knollenertrag in dt ha<sup>-1</sup> TM, Jahr 1999 und 2000

**Abb. 2:** Einfluss von Sorte und Jahreswitterung auf den Inulinertrag in t/ha TM, Jahr 1999 und 2000

## Literatur

- SCHITTENHELM, S. 1999: Agronomic Performance of Root Chicory, Jerusalem Artichoke and Sugarbeet in Stress and Nonstress Enviroments. Crop Sci. 39, 1815-1823.
- STOLZENBURG, K. 2005: Einfluss optimaler bzw. suboptimaler Wasserversorgung sowie unterschiedlicher Kaliumdüngergaben und -formen auf den Knollenertrag von drei Topinambursorten bzw. -herkünften (*Helianthus tuberosus* L.) sowie auf Gehalt von Zuckerstoffen und Fructanen in den Speicherorganen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, 154-155.

## Strategien der Dürrestress-Vermeidung bei Rispenhirse (*Panicum miliaceum*)

Roland Hoffmann-Bahnsen, Yves Emendack<sup>1</sup>, Veikko Heintz<sup>1</sup>, Helmut Herzog<sup>1</sup> & Wulf Diepenbrock

### Einleitung

Rispenhirse (*Panicum miliaceum*) wird in der Literatur allgemein als relativ Dürre-resistent und besonders geeignet für den Anbau auf leichten zu Trockenheit neigenden Standorten beschrieben. Im Rahmen eines 4-jährigen Projektes wurden Untersuchungen zur Assimilation, Transpiration, Wassernutzungseffizienz und der Wurzelentwicklung unter kontrollierten Bedingungen in Gewächshausversuchen gemacht. Darüber hinaus wurde ein größeres Sortiment an Sorten und Linien im Feldversuch auf ihre Ertragsleistung getestet. Das Dürrejahr 2003 zeigte deutliche Ertragsreaktionen.

### Material und Methoden

**Versuch 1 im Gewächshaus.** Sorten: Zwei russische Sorten, Krupnoskoroye und Wolnoje, die vom Züchter (All Russia Scientific Research Institute, Orel) als trockenresistent beschrieben werden und die österreichische Sorte Kornberger Mittelfröhe (Saatzucht Gleisdorf). Versuch unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus. Anzucht von Einzelpflanzen in Plastikgefäßen in Sandkultur. Bewässerung mit Nährlösung über ein automatisches Bewässerungssystem mit Tropfbewässerung. **Teil A:** Ab Beginn des Rispenschiebens Messung der Assimilation, Transpiration und des Stomatären Leitwertes bei -80, -160, -320 und -600 hPa Bodenwasserpotential. **Teil B:** Ab 3-4 Blattstadium Induktion der Stressphase bei 50% der nutzbaren Feldkapazität. Probenahme und Bestimmung der TM im dreitägigen Intervall.

**Versuch 2 im Feld:** Kollektion von 25 Sorten und Linien, die auf hinreichende Angepasstheit an deutsche klimatische Verhältnisse vorselektiert wurde. Diese Kollektion stellt in ihrer Gesamtheit die neuesten und ertragsstärksten russischen Züchtungsergebnisse dar. Randomisierte Blockanlage mit 3 Wiederholungen.

### Ergebnisse und Diskussion

Vergleicht man das Dürre-resistenzverhalten der Sorte Kornberger-Mittelfröhe mit den Beiden frühreifen russischen Sorten Wolnoje und Krupnoskoroye, zwei Sorten mit einem Ursprung im Wolgasteppenbereich, so ergeben sich folgende Ergebnisse.

Tabelle 1: Einfluss von Dürre auf den Ertrag, die Anzahl Körner und den Harvest-Index

	Wolnoje	Kornberger	Krupnoskoroye
Yield loss %	73,7	75,5	26,4
Loss in number of kernels in %	73,1	66,2	62,3
HI wellwatered	0,51	0,52	0,53
waterstress	0,27	0,24	0,52

---

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Ludwig-Wucherer-Straße 2, 06108 Halle(Saale)

<sup>1</sup> Humboldt-Universität Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

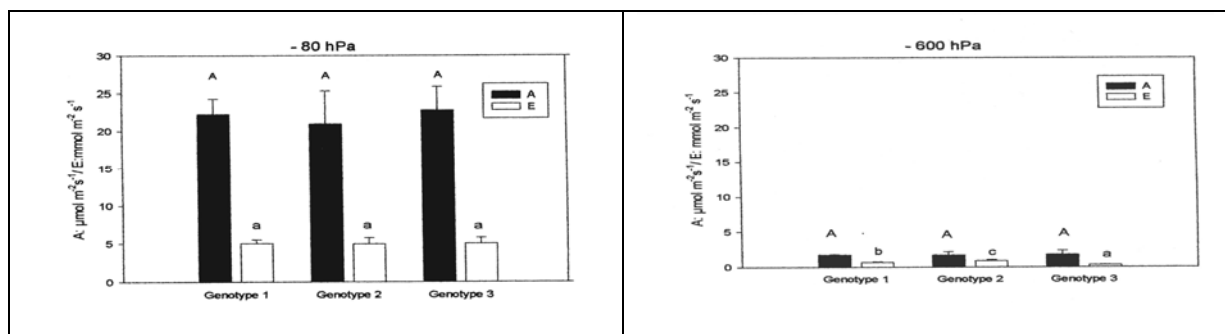


Abbildung 1: Einfluß von Dürre auf die Assimilationsrate (A) und die Transpirationsrate (T) der drei Sorten Wolnoje (1), Kornberger (2) und Krupnoskoroje (3)

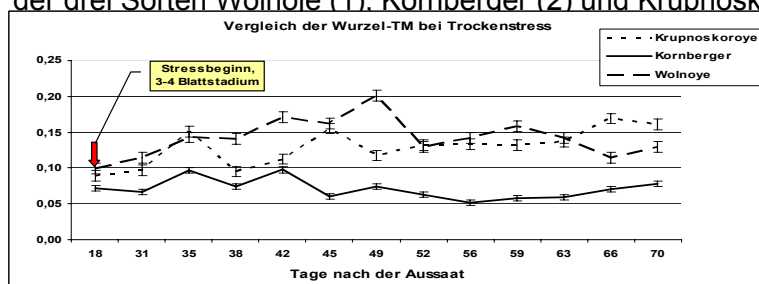


Abbildung 2: Vergleich der Wurzel-TM bei Trockenstress

Die Optimierung der Wasseraufnahme über die Wurzeln spielt bei der Dürrestressvermeidung bzw. bei der Austrocknungsverzögerung eine wichtige Rolle. Die Gewährleistung einer hinreichenden Versorgung mit Wasser auch bei Trockenheit ist um so nötiger, als der lokale Einzugsbereich der einzelnen Feinwurzel nur kurzfristig ausgenutzt werden kann, denn die Wasservorräte des Bodens im unmittelbaren Umfeld der Feinwurzeln sind während der wenigen Tage ihrer Funktion schnell aufgebraucht, wenn sie wie bei Dürreperioden nicht wieder aufgefüllt werden. Die kapillare Nachlieferung aus Bodenbereich mit höheren Bodenwasserpotentialen ist möglich, kann den Bedarf aber nicht ausreichend decken. Deshalb kann die Pflanze mit einer stressinduzierten verstärkten Neubildung von Wurzeln reagieren oder von Beginn der Entwicklung an eine größere Anzahl von Wurzeln realisieren. Dürre bedeutet immer auch eine verminderte Assimilation und damit eine Konkurrenz um Assimilate zwischen Wurzel, Spross und den sich entwickelnden Ertragsanlagen. Die russischen Sorten entwickeln sowohl bei guter Wasserversorgung als auch unter Dürre signifikant mehr Wurzelmasse, sind als typische Steppenpflanzen von vornherein auf Trockenperioden eingestellt.

Der Harvest-Index, die Transpirationseffizienz und die Wurzel-TM scheinen ein geeignetes Selektionskriterium auf Dürre-resistenz zu sein. Die frühen Sorten/Linien scheinen weniger dürreempfindlich zu sein als die mittelfrühen.

## Literatur

- HOFFMANN-BAHNSEN, R., 2001: Vergessener Schatz. Die Rispenhirse, eine der ältesten Kulturpflanzen. Bioland, Fachzeitschrift für den ökologischen Landbau, 4, S. 9-10.
- EMENDACK, Y., H. HERZOG, R. HOFFMANN-BAHNSEN, 2004: Drought Performance of some Sorghum and Millet Genotyps. Deutscher Tropentag, 2004, Tagungsband
- HOFFMANN-BAHNSEN, R., 2005: Alte Kulturpflanzen neu entdeckt-Perspektiven und Möglichkeiten der Wiederinkultur von Rispenhirse (*Panicum miliaceum*) im ökologischen Landbau. Workshop „On-farm Erhalt von genetischen Ressourcen“, Stuttgart-Hohenheim.



## Parametrisierung und Evaluierung zweier Phänologiemodelle für Winterweizen anhand umfangreicher, mehrjähriger, mehrortiger Versuchsdaten

Tobias Johnen, Ulf Böttcher, Erich Jörg<sup>1</sup> & Henning Kage

### Einleitung

Die Prognose des Eintretens phänologischer Stadien von Kulturpflanzenbeständen ist sowohl für viele praktische Fragestellungen als auch für die Modellierung von Pflanzenwachstum und Ertrag von großer Bedeutung. Es existieren mehrere verschiedene etablierte Modellansätze für Winterweizen. Zwei Phänologiemodelle, ein auf CERES-WHEAT (CW) (Ritchie und Otter, 1985) basierendes und ein von Wang und Engel (WE) (Wang und Engel, 1998) entwickeltes Modell wurden hinsichtlich ihrer Modellstruktur, Prognosegenauigkeit und Parametrisierbarkeit miteinander verglichen.

### Material und Methoden

Die Neuimplementierung der Modelle als Module einer objektorientierten Klassenbibliothek ermöglichte eine Parameterschätzung unter gleichzeitiger Verwendung mehrjähriger und mehrortiger Versuchsdaten. CERES-WHEAT unterteilt die Entwicklung in sieben Phasen, WE hingegen nach dem Auflaufen in zwei Phasen. Die erste Phase umfasst die vegetative Entwicklung vom Auflaufen bis zur Blüte und die zweite von der Blüte bis zur Tотреife. Der entscheidende Unterschied zwischen beiden Modellen sind die unterschiedlichen Temperaturfunktionen. CW benutzt einen linearen Ansatz, WE dagegen mit der Betafunktion einen nichtlinearen. Der Einfluss der Photoperiode wird bei WE durch eine negative Exponentialfunktion dargestellt und bei CW durch eine quadratische Funktion. Die Parametrisierung wurde mit Hilfe des Levenberg-Marquard-Verfahrens und der Chi-Quadrat-Analyse durchgeführt. Die geschätzten Parameter sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Für die Modellkalibrierung wurden 56 Boniturdatensätze und für die Validierung 29 verwendet. Die 34 Standorte verteilen sich über ganz Deutschland von Schleswig-Holstein bis zum Oberrheingrabengebiet (nördlichster 54.5°N, südlichster Standort 48°N). Die Daten umfassen den Zeitraum der Jahre 1986, 1987 und 1997-2002, so dass der Einfluss unterschiedlicher Jahreswitterungen mit in die Parametrisierung einging. Sortenunterschiede konnten aufgrund fehlender Informationen bei der Parametrisierung nicht berücksichtigt werden. Sowohl für die Kalibrierungsdaten als auch für die unabhängigen Validierungsdaten liegen die Boniturdaten in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung vor.

### Ergebnisse und Diskussion

**Tab. 1:** Liste der geschätzten Parameter

Modell	CERES-WHEAT				Wang & Engel		
	Parameter				Parameter		
	phint [°Cd]	P9[°Cd]	P1D	P5	TempSumEmerge	Dv [d]	Dr [d]
	99.01	143.8	3	11.3	93.8	40.427	39.8

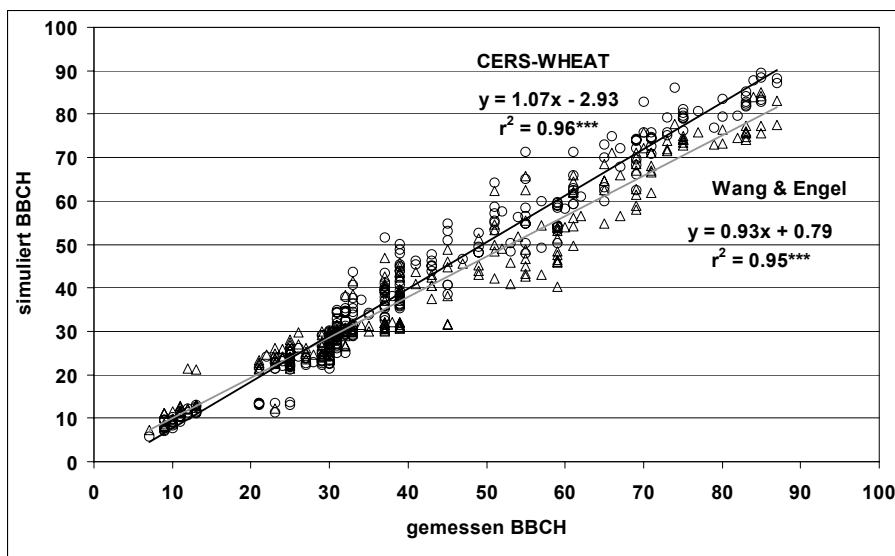


Abb. 1: Vergleich von simulierten zu gemessenen BBCH Werten

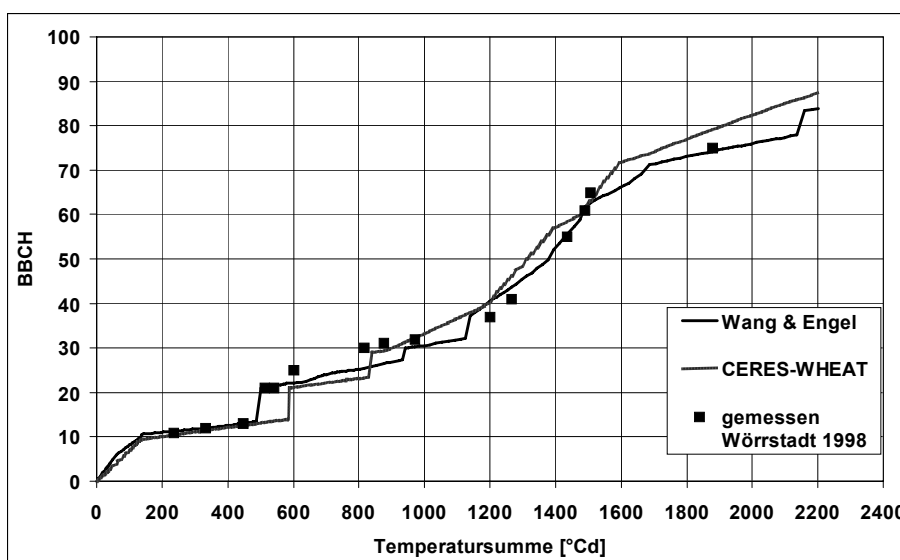


Abb. 2: Beispielhafter Simulationsverlauf Wang & Engel und CERES-WHEAT im Vergleich

Die Validierungsergebnisse zeigen, dass CW (RMSE BBCH 4.39) etwas besser abschneidet als WE (RMSE BBCH 4.94). CW unterschätzt die Entwicklung bis BBCH 30 und überschätzt sie ab BBCH 50 (Abb. 1). WE beginnt die Entwicklung ab Mitte BBCH 25 zu unterschätzen. In dem beispielhaft ausgewählten Simulationsverlauf (Abb. 2) wird deutlich, dass gerade zu den düngungsrelevanten Zeitpunkten BBCH 30 bis 40 CW (RMSE zwischen BBCH 2.5 und 5) deutlich geringere Schätzfehler als WE (RMSE BBCH 5-6) aufweist.

## Literatur

- Ritchie, J.T., S. Otter 1985: Description and performance of CERES-Wheat: A user-oriented wheat yield model. 159-175. In ARS Wheat Yield Project. ARS-38. National Technology Information Service, Springfield, VA.
- Wang, E, T. Engel 1998: Simulation of Phenological Development of Wheat Crops. Agricultural Systems, Vol. 58, No. 1, 1-24.

## **Modellierung von Wachstum und Entwicklung von Winterraps**

Karla Müller, Ulf Böttcher & Henning Kage

### **Einleitung**

Die Anbaubedeutung von Winterraps nimmt insbesondere durch die zunehmende Nutzung als Energiepflanze zu. Raps stellt zum einen hohe Anforderungen an die Stickstoffdüngung, ist jedoch zum anderen eine vergleichsweise N-ineffiziente Kulturpflanze, da ein ungünstiges Verhältnis der Stickstoffaufnahme im Samen im Verhältnis zur gesamten Pflanze vorliegt. Dies kann zu großen N-Verlusten durch Auswaschung während des Winters und dadurch zu Grundwasserbelastungen führen. In der Jungmoränenlandschaft von Schleswig-Holstein variieren die Erträge von Winterraps innerhalb einzelner Schläge stark. Um mit teilflächenspezifischem Management Unter- oder Überdüngung zu vermeiden, sind konkrete Kenntnisse über die Variabilität des Pflanzenwachstums und der Ertragspotenziale notwendig. Für die Prognose des Pflanzenwachstums stellt die Modellierung ein nützliches Hilfsmittel dar. Ziel ist es, aufbauend auf bestehenden Ansätzen ein Pflanzenwachstumsmodell zu entwickeln, das an schleswig-holsteinische Wachstumsbedingungen angepasst und in der Lage ist, den Trockenmassezuwachs und die Stickstoffaufnahme von Winterraps zu simulieren.

### **Material und Methoden**

Das Pflanzenwachstumsmodell berechnet Trockenmassezuwachs über Strahlungsaufnahme und Temperatureinfluss. Die Parametrisierung des in ModelMaker3 (Cherwell Scientific) implementierten Pflanzenwachstumsmodells erfolgte anhand eigener zweijähriger Versuchsdaten (2004 und 2005). Zur Evaluierung werden sensorisch erfasste Daten der laufenden Vegetationsperiode 2006 verwendet, die mit Hilfe von nichtdestruktiver Blattflächenbestimmung (LAI-2000), Digitalfotografie und reflexionsoptischen Messungen erhoben worden sind. Die für die Strahlungsaufnahme wichtige Blattfläche wird nach Gabrielle (1998) bis zum Frühjahr mit einer exponentiellen Wachstumskurve, danach bis zur Mitte der Blüte durch eine lineare berechnet. Die Stoffverteilung der Trockenmasse auf die Fraktionen Blatt und Stängel erfolgt durch einen allometrischen Ansatz (Abb. 1). Die Stickstoffaufnahme von Raps wird durch eine N-Verdünnungskurve geschätzt, bei der die Stickstoffkonzentration des Sprosses gegen die Trockenmasse aufgetragen wurde (Abbildung 2). Ähnliche Beziehungen sollen innerhalb der Fraktionen aufgezeigt werden.

Aufgrund unterschiedlicher Wachstumsphasen innerhalb der Vegetationsperiode ist eine Einteilung in verschiedene Entwicklungsabschnitte und deren genaue Kenntnis hilfreich. Diese werden durch ein Phänologiemodell in Anlehnung an Habekotté (1996) beschrieben, wobei besonders die Phase zwischen Auflauf und Blüte eine hohe zeitliche Auflösung enthält.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die unterschiedlichen Wachstumsgeschwindigkeiten von Blatt und Stängel bis zur Blüte weisen einen konstanten Verlauf auf (Abb. 1). Der allometrische Ansatz ist folglich gut für die Stoffverteilung der Trockenmasse geeignet.

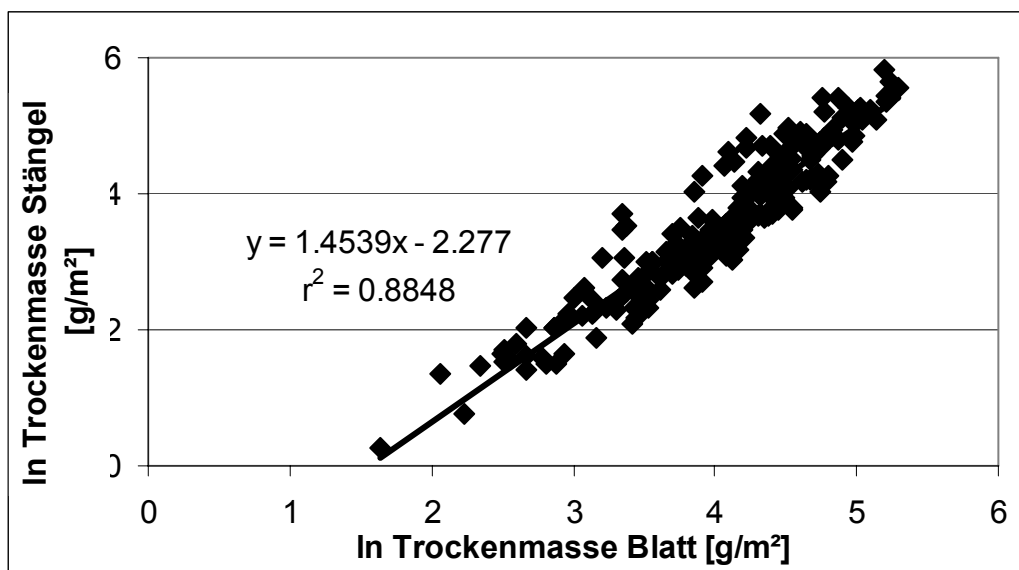


Abb.1: Allometrisches Wachstum von Blatt und Stängel bis zur Rapsblüte

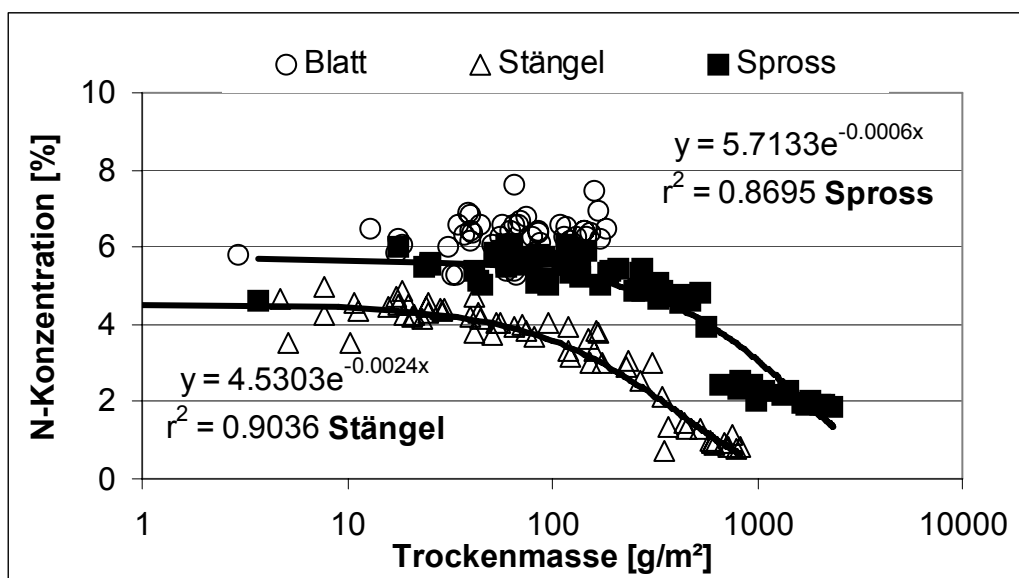


Abb. 2: N-Konzentrationen in Spross, Stängel und Blatt bis zur Rapsblüte

Das an hiesige Wachstumsbedingungen angepasste Pflanzenwachstumsmodell eignet sich dazu, sowohl die Gesamttrockenmasse als auch die von Blatt und Stängel bis zur Rapsblüte zu schätzen. Der N-Verdünnungsansatz von Sprosstrockenmasse und Spross-N-Konzentration scheint generell geeignet zu sein, die N-Aufnahme der Pflanzen zu schätzen (Abb. 2). Innerhalb der einzelnen Fraktionen lässt sich dieser Verdünnungseffekt jedoch lediglich bei den Stängeln beobachten. Die Blätter hingegen zeigen eine konstante Stickstoffkonzentration bis zur Mitte der Blühphase auf. Deshalb müssen im Bereich der Stickstoffaufnahme noch verbesserte Algorithmen in das Modell eingebaut werden.

### Literatur

- Habekotté, B., 1996. Winter oilseed rape: analysis of yield formation and crop type design for higher yield potential. PhD Thesis, Wageningen, Agricultural University, NL, 156 pp  
 Gabrielle, B., Denoroy, P., Gosse, G., Justes, E., Andersen, M. N., 1998. A model of leaf area development and senescence for winter oilseed rape. Field Crops Research 57, 209-222.

## Pflanzenbauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Ertragsleistung im Weizenanbau unter Trockenbedingungen

Sven Schubert & Dominik Reeb

### Einleitung

Die künstliche Beregnung von Weizen dürfte unter den gegenwärtigen ökonomischen Rahmenbedingungen in vielen Fällen unwirtschaftlich sein. Es stellt sich daher die Frage, mit welchen agronomischen Maßnahmen negative Auswirkungen eines Trockenstresses vermieden werden können. Dabei muss die vegetative Phase, die durch Nährstoffaneignung und Substanzaufbau gekennzeichnet ist, von der generativen Phase, in der Assimilate in das Korn verlagert werden, unterschieden werden. Die Aneignung von Nährstoffen in der vegetativen Phase wird nicht nur durch die gehemmte Mineralisation (besonders von Stickstoff) beeinträchtigt, sondern auch durch die gestörte Diffusion von Makronährstoffen wie Kalium und Phosphor, die in geringer Konzentration in der Bodenlösung vorliegen. Die frühe Entwicklung einer großen Wurzeloberfläche der Weizenpflanze kann ebenso wie ein optimales Nährstoffangebot zu einer effizienten Nährstoffaneignung unter Trockenbedingungen beitragen. In der generativen Phase kann die Förderung von Zellteilung und Zellstreckung nach der Blüte die Voraussetzung für eine hohe Sinkkapazität schaffen. Ziel unserer Experimente war es, den Einfluss der Wachstumsregler CCC (Chlorcholinchlorid) und Moddus auf die Wurzellänge und die Ertragsleistung von Weizen unter Trockenbedingungen zu untersuchen.

### Material und Methoden

Zur Bestimmung des Einflusses der Wachstumsregler wurden Weizenpflanzen (*Triticum aestivum* L. cv. Thasos) in Rhizotronen angezogen und im Stadium BBCH 29 bzw. 31 mit CCC (1,2 L bzw. 0,5 L ha<sup>-1</sup>) oder im Stadium BBCH 31 mit 0,4 L Moddus ha<sup>-1</sup> behandelt. Drei Wochen nach der Behandlung wurden die Wurzelmasse und die Wurzellänge bestimmt. Um Feldbedingungen zu simulieren, wurde Sommerweizen (*Triticum aestivum* L. cv. Thasos) in 24 x 120 L-Containern (Oberfläche 0,16 m<sup>2</sup>) angezogen. Dieser Versuchsansatz ist besonders geeignet, eine unterschiedliche Wasserversorgung der Pflanzen auf einem gut durchwurzelbaren Boden mit einer Profiltiefe von 80 cm zu simulieren (Schubert 2006). Es wurden 450 Weizensamen m<sup>-2</sup> ausgesät und nach dem Aufgang auf 400 Pflanzen pro m<sup>2</sup> vereinzelt. Als Boden diente ein sandiger, nährstoffarmer Unterboden, der mit den notwendigen Nährstoffen aufgedüngt wurde. Der Wassergehalt des Bodens wurde in allen Containern auf 60% der maximalen Wasserkapazität eingestellt und mindestens (je nach Verdunstung) einmal pro Woche kontrolliert und nachgestellt. Im Stadium BBCH 29 wurden die Pflanzen von acht Containern mit 1,2 L CCC ha<sup>-1</sup> behandelt. Diese Behandlung wurde im Stadium BBCH 31 mit 0,5 L CCC ha<sup>-1</sup> wiederholt. In diesem Stadium wurden gleichzeitig Pflanzen von acht Containern mit 0,4 L Moddus ha<sup>-1</sup> behandelt. Die Pflanzen der restlichen acht Container wurden als Kontrollpflanzen weitergeführt. Zwei Wochen nach der Behandlung mit Moddus wurden die Container der drei Varianten in zwei Gruppen mit je vier Wiederholungen unterteilt. Eine Gruppe wurde weiterhin auf 60% der maximalen Wasserkapazität

gegossen, in der zweiten Gruppe wurde solange nicht bewässert, bis 30% der maximalen Wasserkapazität erreicht waren. Mit Einstellung der unterschiedlichen Bewässerung wurde das Gewicht der Container täglich kontrolliert und gegebenenfalls nachgestellt. Mit Erreichen der 30% Wasserkapazität wurden die Blattfläche und die Höhe der Haupttriebe der Pflanzen bestimmt. Nach einer Woche wurde die Messung wiederholt. Für diesen Zeitraum wurde der Wasserverbrauch der Pflanzen gesondert bestimmt und daraus die Transpirationsrate pro Blattfläche sowie pro Blattfläche multipliziert mit der durchschnittlichen Pflanzenhöhe berechnet. Der Wasserverbrauch wurde während des gesamten Versuchs bis zur Kornernte kontrolliert und quantifiziert.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Behandlung der Weizenpflanzen mit den Wachstumsreglern CCC und Moddus führte zu einer signifikanten Zunahme der Wurzellänge, ohne die Wurzelmasse zu beeinflussen, so dass die Wurzeln feiner waren. Dieser Effekt war bei Moddus etwas stärker ausgeprägt als bei CCC. Feinere Wurzeln bilden eine größere Wurzeloberfläche, so dass die Diffusionswege für Nährstoffe kürzer werden. Beide Wachstumsregler führten zu einer signifikanten Einkürzung der Pflanzen, wobei der Effekt von CCC deutlich größer war als derjenige von Moddus. Die geringere Pflanzenhöhe resultierte in einer reduzierten Transpiration, so dass der Wasseranspruch der mit Wachstumsreglern behandelten Pflanzen geringer war. Auf Trockenstandorten kann dies gegebenenfalls zu einer ausreichenden Wasserversorgung bis zur Reife beitragen. Der Kornertrag wurde durch Dürrestress in allen Varianten vermindert. CCC führte besonders unter Dürrestress zu starken Ertragseinbußen, während Moddus unter Dürrestress zu vergleichsweise guten Erträgen beitrug. Dieser günstige Effekt war auf das Tausendkorngewicht zurückzuführen, das signifikant verbessert war, während die anderen beiden ertragsbestimmenden Faktoren (Anzahl der Ähren und Anzahl der Körner pro Ähre) nicht beeinflusst wurden. Da die Assimilatspeicherung während der generativen Phase von Weizen sinklimitiert ist, kann angenommen werden, dass Moddus die Sinkkapazität über eine Stimulation der Zellteilung und/oder Zellstreckung verbessert. Dies dürfte ursächlich für den signifikant erhöhten Harvestindex verantwortlich sein.

### **Literatur**

Schubert, S.: 2006: Strategien gegen Trockenstress. DLG-Mitteilungen Heft 3, 64-67.

## Strategien zur Bekämpfung von Brandkrankheiten bei Getreide im Ökologischen Landbau

H. Spieß<sup>1</sup>, N. Lorenz<sup>1</sup>, K.-J. Müller<sup>2</sup>, E. Koch<sup>3</sup>, R. Wächter<sup>3</sup>, M. Jahn<sup>4</sup>, F. Waldow<sup>4</sup>, W. Vogt-Kaute<sup>5</sup> & K.-P. Wilbois<sup>6</sup>

### Einleitung

Getreidebrände als saatgutübertragbare Erkrankungen der Ähre haben im Ökologischen Landbau stärkere Bedeutung erlangt, weil eine Beizung mit hochwirksamen Fungiziden unterbleibt. Eine Bekämpfung ist jedoch zwingend notwendig, weil in der Regel Ertragseinbußen eintreten und die Sporen toxikologisch bedenklich sind. Zudem droht der Saatgutvermehrung Schaden, denn bereits mehr als drei bzw. fünf befallene Pflanzen pro 150 m<sup>2</sup> führen zur Aberkennung des Basis- bzw. Z-Saatgutes. Resistente Sorten stehen kaum zur Verfügung, denn wegen der Saatbeizung bestand für die Züchtung seit Jahrzehnten keine Notwendigkeit, sich einer Resistenzzüchtung zu widmen. Das spiegelt sich auch in den Zulassungskriterien des Bundesortenamtes wider, wo die Anfälligkeit der Sorten auf Brandkrankheiten nicht berücksichtigt wird. Bei den relevanten Brandkrankheiten handelt es sich bei allen *Triticum*-Arten um Steinbrand (*Tilletia tritici*), Zwergsteinbrand (*Tilletia controversa*) und Flugbrand (*Ustilago tritici*), bei Gerste um Flugbrand (*U. nuda*) und Hartbrand (*U. hordei*) sowie bei Hafer um Flugbrand (*U. avenae*). Die Bekämpfung der Getreidebrände im Öko-Landbau ist spätestens seit der EU-Verordnung Nr. 1452/2003, welche die Verwendung von Saatgut aus ökologischem Anbau vorschreibt, eine vordringliche Aufgabe der Forschung. In Deutschland werden derzeit verschiedene Forschungsvorhaben zu dieser Problematik durchgeführt (Wilbois et al. 2005; Spieß 2006).

### Material und Methoden

Im Zeitraum von 2004 bis 2006 wurden zum einen bereits in der Praxis verfügbare Verfahren zur Wiederherstellung der Saatgutgesundheit auf ihre Wirksamkeit in Feldversuchen untersucht. Andererseits wurden Erfolg versprechende Mittel und Methoden in Gefäßversuchen vorgeprüft und gegebenenfalls in Feldversuche aufgenommen. Geprüft wurden vor allem thermische Verfahren wie Warm- und Heißwasserbeizung sowie Saatgutbehandlungen mit Pflanzenstärkungsmitteln auf pflanzlicher (Tillecur<sup>®</sup>, Milsana<sup>®</sup>, Lebermooser u.a.) oder mikrobieller Basis (FZB 24, Serenade, Cedomon, BIOPRO u.a.). Die Resistenz der Sorten wurde in den Jahren 1995 bis 2006 mit künstlich inokuliertem sowie natürlich infiziertem Saatgut im Feld geprüft.

### Ergebnisse und Diskussion

**Weizen:** Im Öko-Landbau rangiert derzeit der *Steinbrandbefall* bei Weizen und Dinkel an erster Stelle. Dies gilt umso mehr, als neben der Saatgutinfektion zunehmend Bodeninfektionen beobachtet werden. Dadurch verändert sich die Bekämpfungsstrategie. Keimfördernde prophylaktische acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen stehen im Vordergrund. Zur Befallskontrolle sind Heißwasserbeizen oder Saatgutbehandlungsmittel auf pflanzlicher oder auf Basis von Mikroorganismen geeignet.

<sup>1</sup> IBDF im Forschungsring e.V., Zweigstelle Dottenfelderhof, Bad Vilbel ([spieß@ibdf.de](mailto:spieß@ibdf.de))

<sup>2</sup> GfgF e.V., Getreidezüchtungsforschung Darzau, Neu-Darchau

<sup>3</sup> Biologische Bundesanstalt, Institut für biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt

<sup>4</sup> Biologische Bundesanstalt, Institut für integrierten Pflanzenschutz, Kleinmachnow  
Naturland e.V., Gräfelting

<sup>6</sup> Forschungsinstitut für biologischen Landbau Deutschland e.V., Frankfurt

Die meisten Daten liegen für die Wirksamkeit des Pflanzenstärkungsmittels Tillecur® mit Wirkungsgraden von 95 bis 100% vor. Bezüglich der Möglichkeit, resistente Sorten einzusetzen, zeigten Untersuchungen von rd. 160 Winterweizen in den Jahren 1995-2006, dass lediglich die Sorten Globus, Magnifik, Tambor, Tarso, Tommi, Tulsa und Xenos mit einem Befall unter 1,0% ein hohes Resistenzniveau aufwiesen. Von 64 untersuchten Sommerweizen in 2001 und 2002 blieben Anemos, Combi, Devon, Melon, Quattro und Thasos befallsfrei. Bei *Zwergsteinbrand* existieren wegen der Bodeninfektion kaum wirksame Behandlungsmittel. Der Einsatz resistenter Sorten stellt hier die wichtigste Alternative dar, wobei die Steinbrandresistenz auch bei diesem Pathogen wirksam ist. Der *Flugbrand* des Weizens ist wegen des im Inneren des Kornes lokalisierten Mycels nur mit Warm- oder Heißwasserbeizen bekämpfbar. Mit diesen ist allerdings selten eine volle Wirksamkeit zu erzielen, so dass auch hier die Verwendung resistenter Sorten eine große Bedeutung hat. Von 141 getesteten Genotypen blieben 41 befallsfrei, darunter solche steinbrandwiderstandsfähigen Sorten wie Bert, Tambor, Tommi, Türkis.

*Gerste*: Beim *Flugbrand* ist die Problematik ähnlich wie bei Weizen. Nach Tabelle 1 haben Saatgutbehandlungen im Labormaßstab eine hohe Wirksamkeit der Warm- und Heißwasserbeize ergeben. Diese wird in der Praxis jedoch in der Regel nicht erreicht. Dass Ethanol eine Wirksamkeit von 58% erzielte, erstaunt, bestätigt aber Praxisbeobachtungen. Gegenüber Spelzgersten ist bei Nacktformen zu beachten, dass die Keimung beeinträchtigt wird.

**Tab. 1:** Wirkung von Saatgutbehandlungen auf Feldaufgang und Flugbrandbefall von natürlich infizierter Wintergerste cv. IGRI. Dottenfelderhof 2006

Saatgutbehandlung	Feldaufgang [%]	Befall [%]	WG [%]
Kontrolle, unbehandelt	90,50 a*	30,27 a	-
Warmwasserbeize 2h 45° C	82,25 a	0,18 c	99
Heißwasserbeize 4h 25-30° C; 10 min 49° C	84,69 a	0,39 c	99
Ethanol (70%), 5 l/100 kg	82,25 a	12,82 b	58

\*) LSD-Test:  $\alpha = 5\%$

Gegen Flugbrand zeigten sich die Wintergersten Astrid, Carrero und Laurena, bei der Sommerform lediglich Steffi als hoch widerstandsfähig. *Hartbrand*, mit außen am Korn anhaftenden Sporen, ist leichter bekämpfbar. Die bei Steinbrand getesteten Mittel erreichten nicht so hohe Wirkungsgrade. Bezüglich vorhandener widerstandsfähiger Gersten stehen deutlich mehr Sorten zur Verfügung.

*Hafer*: Beim *Flugbrand* ist das zwischen Spelze und Korn sitzende Mycel zu bekämpfen. Wirksamkeit bis 100% besitzt die Heißwasserkurzbeize, Ethanol erreichte 95%. Die Sortenresistenz wird derzeit von Herrmann (2004) geprüft. Von den aktuell zugelassenen Sorten kann nur auf den resistenten Neklan zurückgegriffen werden.

## Literatur

- Herrmann, M. 2004: Untersuchung europäischer Sorten und genetischer Ressourcen des Hafers auf Resistenz gegen den Haferflugbrand. In: Ressortforschung für den ökologischen Landbau 2003. Statusseminar 5. März 2004, BBA, Kleinmachnow
- Spieß, H. 2006: Getreidebrand nachhaltig kontrollieren. *Ökol. & Landbau* 138, 2, 26-28
- Wilbois, K.-P., H. Spieß, W. Vogt-Kaute, M. Jahn, F. Waldow, E. Koch, R. Wächter, K.-J. Müller 2005: Vermeidung von saatgutbürtigen Krankheiten: Strategien für den Öko-Landbau. Beitr. 8. Wiss.tag. *Ökol. Landbau*. In Heß, J., G. Rahmann (Hrsg.): Ende der Nische. kassel university press, 149-152



## Zweijährige Ergebnisse zum Einfluss von Sortenwahl und Stickstoffdüngung auf das Acrylamid-Bildungspotenzial von Getreide

Albrecht Weber<sup>1</sup>, Simone Graeff<sup>1</sup>, Wolf-Dietrich Koller<sup>2</sup>, Nikolaus Merkt<sup>3</sup>, Wilfried Hermann<sup>4</sup> & Wilhelm Claupein<sup>1</sup>

### Einleitung

Als Hauptvorstufen für die Acrylamid-Bildung beim starken Erhitzen von kohlenhydratreichen Lebensmitteln im Rahmen der Maillardreaktion gelten freies Asparagin und reduzierende Zucker. Bei Getreideprodukten scheint nach derzeitigem Kenntnisstand bei gegebenen Herstellungsbedingungen der Gehalt an freiem Asparagin der limitierende Faktor zu sein (Weißhaar 2004). In zweijährigen Feldversuchen wurde untersucht, ob bei den Getreidearten Winterweizen, Winterdinkel und Winterroggen arten- und sortenbedingte Unterschiede im Gehalt an freiem Asparagin vorliegen und ob durch eine variierte Stickstoffdüngung bei Weizen Einfluss auf den Vorstufengehalt genommen werden kann.

### Material und Methoden

Auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz der Universität Hohenheim, Ihinger Hof (48° 44' N, 8° 56' E, 478 m ü. NN, Ø 8,1°C, Ø 693 mm), wurde in den Vegetationsperioden 2003-2005 ein Arten-/Sortenversuch sowie ein Düngungsversuch (Blockanlagen, 3 Wiederholungen) durchgeführt. Neben der Prüfung von 16 Winterweizen- (Qualitätsstufen E, A, B, K), zweier Winterdinkel- und zweier Winterroggensorten wurde der Einfluss einer variierten N-Düngung in Höhe und zeitlicher Verteilung (0-220 kg N ha<sup>-1</sup>; Verteilung in 2-5 Teilgaben) auf die Gehalte an freiem Asparagin (Asn) und das Acrylamid-Bildungspotenzial bei der Winterweizensorte Enorm geprüft. Die Aminosäurebestimmung im Mehl (Type 550) wurde mittels HPLC durchgeführt. Das Acrylamid-Bildungspotenzial wurde mittels GC-MSD bestimmt.

### Ergebnisse und Diskussion

Der Gehalt an freiem Asparagin korrelierte in beiden Versuchsjahren eng mit dem Acrylamid-Bildungspotenzial (2004: R<sup>2</sup>=0,77; 2005: R<sup>2</sup>= 0,81 nicht dargestellt), so dass davon ausgegangen werden kann, dass der Asparagingehalt im Korngut zum Vergleich der Bildungspotenziale verschiedener Mehle herangezogen werden kann. Sowohl das Jahr, die Art als auch die Sorte zeigten hinsichtlich der Asparagin-Gehalte signifikante Effekte. Im Mittel über die Jahre und Sorten wies Winterroggen mit 29 mg Asn 100 g<sup>-1</sup> Mehl-Trockenmasse (MTM) im Vergleich zu Winterweizen mit 13 mg Asn 100 g<sup>-1</sup> MTM und Winterdinkel mit 9 mg Asn 100 g<sup>-1</sup> MTM den höchsten Gehalt an freiem Asparagin auf. Innerhalb des geprüften Weizensortiments schwankte der Gehalt an freiem Asparagin zwischen 6 und 20 mg Asn 100 g<sup>-1</sup> MTM. In der Qualitätsgruppe E wies die Sorte Monopol mit 8 mg Asn 100 g<sup>-1</sup> MTM um 50 % geringere Gehalte auf als die Sorten Enorm und Altos (Abb. 1). In den Guppen A, B und C<sub>K</sub> waren mit Tommi, Magnus bzw. Punch, Manhattan und Wasmo Sorten

<sup>1</sup> Univ.Hohenheim, Inst. für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

<sup>2</sup> BFEL Karlsruhe, Inst. Verfahrenstechnik, Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe

<sup>3</sup> Univ. Hohenheim, Inst. Sonderkulturen, Emil-Wolff-Str. 25, 70599 Stuttgart

<sup>4</sup> Univ. Hohenheim, Versuchsstation Ihinger Hof, 71272 Renningen

vertreten, die sich mit moderaten Asparagingehalten signifikant von anderen Sorten unterschieden. Somit scheint über die Sortenwahl ein wichtiger Beitrag zur Minimierung des Acrylamid-Bildungspotenzials im Rohstoff geleistet werden zu können. Zunehmende N-Düngermengen führten bei der Sorte Enorm zu einem Anstieg des Asparagingehaltes und des Acrylamid-Bildungspotenzials (nicht dargestellt). Dabei korrelierte der Rohproteingehalt mit dem Gehalt an freiem Asparagin mit  $R^2=0,97$  (Abb. 2). Insbesondere N-Düngermengen, die zu einem Rohproteingehalt über 13 % führten, bewirkten einen deutlichen Anstieg der Asparagingehalte. Dies deutet darauf hin, dass N-Düngungsmaßnahmen, die zur Steigerung des Rohproteingehaltes führen, auch den Asparagingehalt erhöhen und somit zu einem erhöhten Acrylamid-Bildungspotenzial führen.

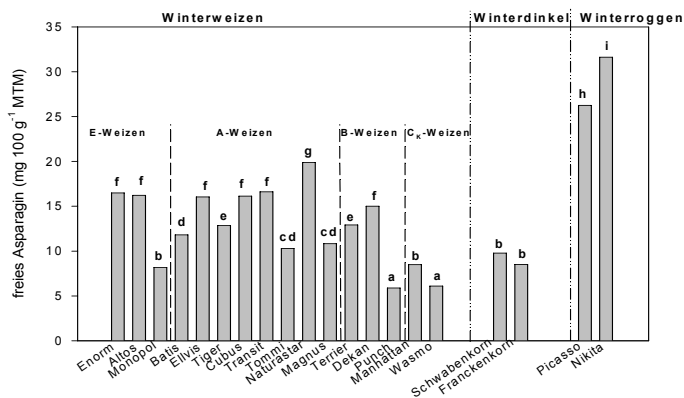


Abb. 1: Gehalt an freiem Asparagin im Mehl verschiedener Winterweizen-, Winterdinkel- und Winterroggensorten. Mittelwerte über zwei Versuchsjahre (2004 und 2005). Varianten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $\alpha = 0,05$ ; t-Test).

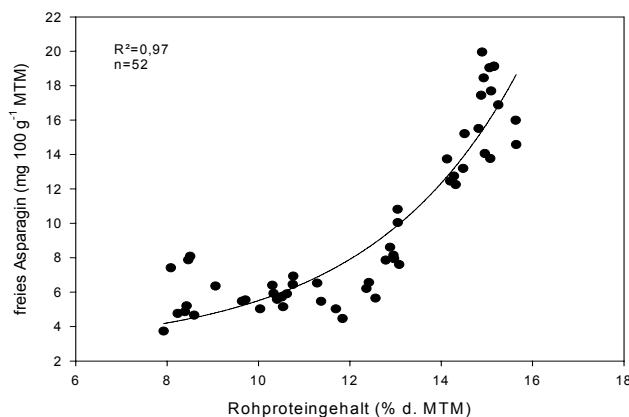


Abb 2: Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt und dem Gehalt an freiem Asparagin im Mehl der Winterweizensorte Enorm.

### Literatur

Weißhaar, R.: Acrylamid in Backwaren – Ergebnisse von Modellversuchen. Deut. Lebensm.-Rundsch. 100, 92-97.

## Räumliche und zeitliche Aspekte der Ausbreitung von *Cirsium arvense* L. im Ackerbau

H.-H. Steinmann<sup>1</sup>, U. Hettwer<sup>2</sup> & B. Gerowitt<sup>3</sup>

### Einleitung

Die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) verfügt als eine tiefwurzelnde, mehrjährige Pflanze über eine ausgesprochen erfolgreiche Überdauerungs- und Vermehrungsstrategie. Einerseits beruht diese auf dem Wurzelsystem, aus dem sich die Pflanze von Jahr zu Jahr regenerieren kann. Andererseits verfügt die zweihäusige Pflanze über einen generativen Apparat, der bei erfolgreicher Befruchtung eine Samenvermehrung und –verbreitung ermöglicht.

Zur Ackerkratzdistel liegt eine Fülle von wissenschaftlichen Studien und praxisbezogenen Untersuchungen vor. Dieser Vielfalt an Erkenntnissen und Daten zu einzelnen Aspekten steht in einem merkwürdigen Gegensatz zu dem Mangel an Arbeiten, in denen die Ausbreitung der Ackerkratzdistel zusammenfassend quantitativ beschrieben oder gar modelliert wird.

Eine Erklärung hierfür ist, dass sich die Ackerkratzdistel aufgrund ihrer Lebensweise klassischen Methoden im Feldversuchswesen entzieht. Sowohl Studien zur Populationsentwicklung wie auch zur Wirksamkeit von Bekämpfungsmaßnahmen leiden darunter, dass die Disteln nesterweise auftreten und die Etablierung der Ausgangspflanzen für die Nesterbildung i.d.R. vollständig unbeobachtet erfolgt ist.

Dass die methodischen Schwierigkeiten und Wissenslücke nicht nur akademische Relevanz haben, äußert sich auch darin, dass es bisher nicht gelungen ist, die Ausbreitungsstrategie der Art umfassend zu erklären und die Kenntnisse so agrarisch nutzbar zu machen, dass eine nachhaltige Begrenzung der Ackerkratzdistel möglich wird. Sowohl im konventionellen als auch im Ökologischen Landbau besteht nach wie vor ein Defizit an wirksamen Kulturmethoden, um die Disteln effektiv und langfristig zu unterdrücken.

Vor dem Hintergrund der begrenzten Aussagekraft von Parzellenversuchen ziehen wir verschiedene räumliche und zeitliche Aspekte heran, um die Bedeutung von Feldbeobachtungen für das Verständnis der Ackerkratzdistel zu beleuchten: 1. Erstbesiedlung durch Keimlinge im Feld, 2. Wachstum von Nestern im Feld, 3. Flächenhaftes Erscheinen von Nestern in Feldern von Anbausystemen

### Erstbesiedlung durch Keimlinge

Keimlinge der Ackerkratzdistel sind im Feld selten zu beobachten. In der Feldfrucht Hafer wurden im Jahr 2002 Keimlinge gefunden, markiert und über die Vegetationsperiode beobachtet. Die Fundstellen waren durch unterschiedliche Bestandesdichten des Hafers gekennzeichnet. Im Bereich mit hohen Kulturpflanzendichten gingen bis Juli alle Keimlinge ein. Im Bereich mit einer dünnen Feldfrucht überlebten zunächst 50 % der Keimlinge. Im direkt darauf folgenden Jahr konnte allerdings keine erfolgreiche Etablierung der Ackerkratzdistel in dem Bereich festgehalten werden.

---

<sup>1</sup> Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt, Am Vogelsang 6, 37075 Göttingen,

<sup>2</sup> Department für Nutzpflanzenwissenschaften; - Molekulare Phytopathologie und Mykotoxinforschung, Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen

<sup>3</sup> Institut für Landnutzung - Phytomedizin, Satower Str. 48, 18051 Rostock

### **Wachstum von Nestern**

Innerhalb von Ackerflächen wurden bestehende Nester und Pflanzen über mehrere Jahre kartiert. Mit Hilfe molekulargenetischer Untersuchungen wurde die genetische Diversität der Sprosse im Felde untersucht. Die Methoden sind ausführlich bei Hettwer & Gerowitt (2004) beschrieben. Bestehende Nester wurden stets von mehreren Klonen gebildet. Es wurden kaum Nester gefunden, die nur aus einem Klon bestanden. Mehrjährige Untersuchungen bestehender Nester zeigten, dass Wachstum der Nester offensichtlich mehr über Ansiedlung neuer Klone stattfindet und weniger über weiteres Wachstum bereits etablierter Klone. Ausbreitung von etablierten Klonen mit der Bodenbearbeitung konnte nicht bestätigt werden.

### **Erscheinen von Nestern in Anbausystemen**

Für diese Auswertung wurden flächenhafte Feldbeobachtungen zum Ackerkratzdistelaufkommen in einem 13 jährigen Ackerbausystemversuch genutzt. Ziel war es, Erkenntnisse über das Zusammenwirken der Faktoren auf die langfristige Entwicklung der Ackerkratzdistel zu gewinnen. Die Daten stammen aus dem Göttinger INTEX-Versuch, der von 1990 -2002 auf insgesamt 60 ha an 2 Standorten betrieben wurde (Steinmann & Gerowitt 2000). Anhand vorliegender Kartierungen wurden die Distelvorkommen auf den Ackerflächen in eine ordinal skalierte Vorkommensvariable umgewandelt. Dabei wurden jeweils zwei Perioden unterschieden: innerhalb der Anbauphase der Kulturen und die Phase zwischen zwei Kulturen. Die Bewirtschaftungsmaßnahmen wurden in den Faktoren Standort, Anbausysteme und Fruchtart zusammengefasst. Auf diese Weise entstanden 264 Datensätze in zwei Perioden, die auf der Ebene Feld die Veränderungen im Distelaufkommen beschreiben (Nester/keine Nester). Die Vorkommenshäufigkeiten wurden nach Faktoren gruppiert und mit dem Chi<sup>2</sup>-Test verglichen. Nester „erscheinen“ mit größerer Häufigkeit in der Periode zwischen zwei Kulturen als in der Anbauphase. In integrierten Anbausystemen mit längeren Bodenruhephasen war dies besonders häufig der Fall. Eine besondere Stellung nahm in allen Anbausystemen die Feldfrucht Raps ein: während der Rapsstoppel-Phase erhöhte sich der Anteil von Flächen mit Nestern am stärksten: In den integrierten Anbausystemen war dieses Ergebnis geprägt durch eine Sommerung, die auf den Raps folgte. Aber auch in dem System „Gute Fachliche Praxis“ in dem Winterweizen auf Raps folgte, traten nur unter Rapsstoppeln Flächen mit Nestern aus Ackerkratzdisteln auf. Das Ergebnis ist insofern bemerkenswert, weil während der Rapsanbauphase stets besonders wenige Flächen mit Distelnestern kartiert wurden.

### **Schlussfolgerungen**

Gezielte Beobachtungen von Feldpopulationen der Ackerkratzdistel, die sehr unterschiedliche zeitliche und räumliche Dimensionen hatten, zeigen, dass die Bedeckung durch Kulturpflanzen und deren Abfolge einen Einfluss auf die Entwicklung der Populationen haben. Dies kann auch für die Entwicklung von genetisch diversen Nestern durch die Etablierung neuer Klone gelten.

### **Literatur**

- Hettwer, U. & Gerowitt, B. (2004): An investigation of genetic variation in *Cirsium arvense* field patches. Weed Research 44, 289 – 297.
- Steinmann, H.-H. & B. Gerowitt (Hrsg.) (2000): Ackerbau in der Kulturlandschaft – Funktionen und Leistungen. Forschungsergebnisse aus dem Göttinger INTEX-Projekt. Mecke Verlag Duderstadt, 300 S.

## Humanurin als Düngestoff im Pflanzenbau

Andreas Sasse & Frank Ellmer

### Einleitung

Im Sinne geschlossener Stoffkreisläufe ist es Ziel, Pflanzennährstoffe aus der menschlichen Nahrung auf landwirtschaftlich genutzte Flächen zurückzuführen. Alternative Sanitärkonzepte ermöglichen eine getrennte Erfassung von Urin und somit die Bereitstellung eines von Schwermetallen und Tensiden weitestgehend freien Düngestoffes. Bezogen auf den Stickstoffgehalt könnten bei derzeitigem Düngeneiveau allein mit dem Berliner Urinaufkommen rund 160.000 Hektar Ackerfläche versorgt werden. Im Klärwerk Stahnsdorf (bei Berlin) sind als Pilotanlage zwei Betriebsgebäude und weitere 10 private Haushalte mit der alternativen Sanitärtechnik umgerüstet worden. Die anfallenden Fäkalien werden kompostiert und der Urin wird in Tanks gesammelt und auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht. Im vorgestellten Forschungsprojekt, gefördert vom Kompetenzzentrum Wasser Berlin, wird neben den bodenbiologischen Wirkungen, den Ammoniakemissionen, der Akzeptanz bei Verbrauchern und Landwirten, hauptsächlich die Düngewirkung von Urin in Feldversuchen untersucht. Auszugsweise finden sich daraus im Folgenden die Ertragsergebnisse von Winterroggen und Winterraps nach der Applikation von Urin im Vergleich zur Düngung mit Kalkammonsalpeter.

### Material und Methoden

#### Standort:

Berlin-Dahlem, geografische Breite: 52° 28' N, Länge: 13° 18' E,  
Boden: schwach schluffiger Sand, Ackerzahl ca. 30,  
Mittlerer Jahresniederschlag: 545 mm,  
Mittlere Jahrestemperatur: 9,3 °C

#### Versuchsaufbau:

Parzellenfeldversuche als lateinisches Rechteck angelegt,  
Varianten: 2 x Kontrolle und jeweils aus Urin und aus Mineraldünger (KAS):  
50 kg N ha<sup>-1</sup>  
100 kg N ha<sup>-1</sup>  
150 kg N ha<sup>-1</sup>

Applikation in 2 Gaben,  
Anzahl der Wiederholungen: 4,  
Parzellengröße: 6 x 2 m,  
Fruchtarten: Winterroggen (Sorte Rasant), Winterraps (Sorte Trabant)

#### Eigenschaften des Urins:

Separiert in Urinalen und Schwerkraft- sowie Vakuum-Trenntoiletten  
Mittlere Inhaltsstoffe: 3700 mg l<sup>-1</sup> Gesamtstickstoff (davon 95 % Ammonium)  
2000 mg l<sup>-1</sup> Gesamtkalium  
430 mg l<sup>-1</sup> Gesamtphosphor  
pH Wert: 8,8

## Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel der Wiederholungen ergab sich nach der Ausbringung von Urin in Winterroggen ein geringfügiger und lediglich tendenzieller Minderertrag (Abb. 1). Die Grenzdifferenz wurde nur zwischen der Kontrolle und den Düngevarianten erreicht (GD 0,05: 7,8 dt ha<sup>-1</sup>).

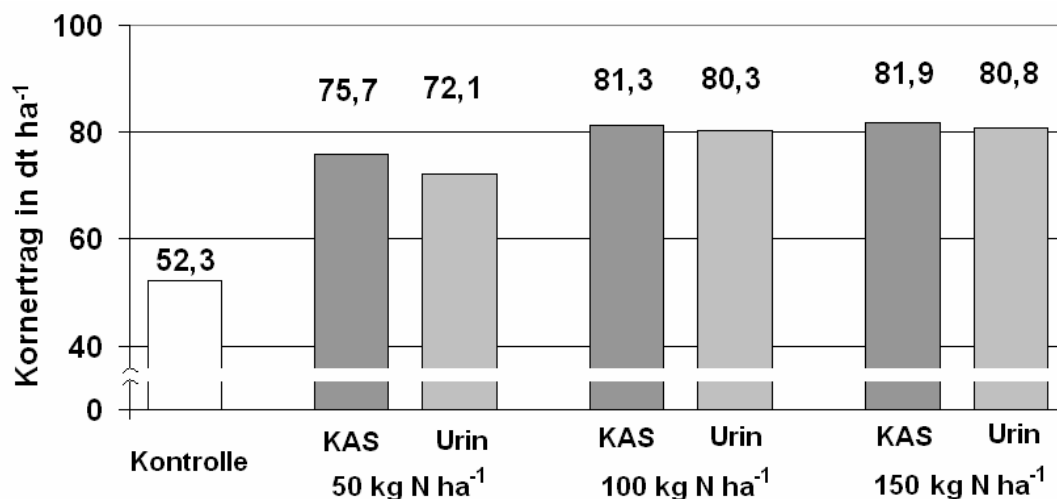


Abbildung 1: Kornertrag von Winterroggen nach Düngung mit KAS und Urin

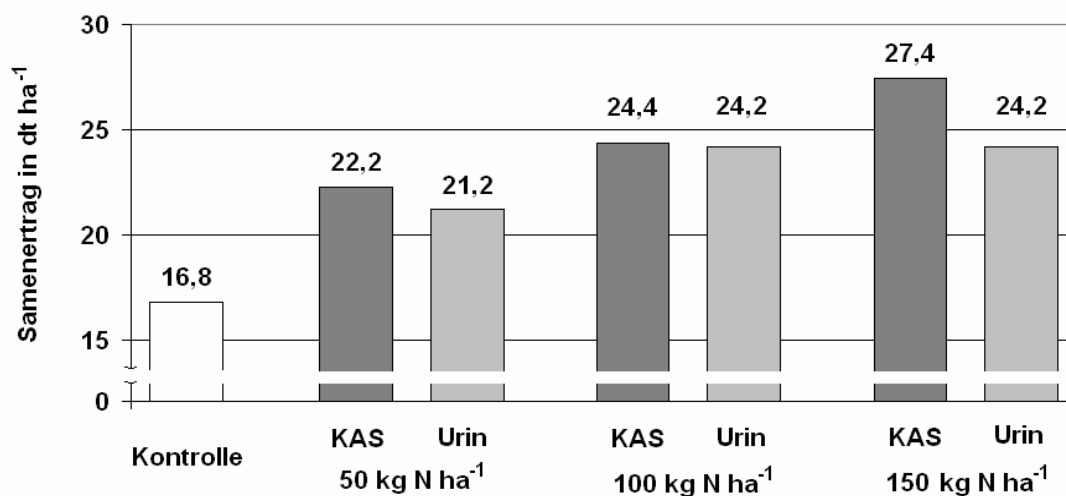


Abbildung 2: Samenertrag von Winterraps nach Düngung mit KAS und Urin

Auch beim Winterraps zeigten sich nach der Ausbringung von Urin im Vergleich zum Kalkammonsalpeter (KAS) lediglich geringe und statistisch nicht signifikante Ertragsunterschiede (GD 0,05: 1,8 dt ha<sup>-1</sup>). Diese sind vermutlich auf den Gehalt von Nitrat im KAS zurückzuführen. Insgesamt kann also geschlossen werden, dass Urin bezüglich seiner Ertragswirkung als Düngestoff geeignet ist.

## Literatur

Johansson, M. et al., (2003): Urine Separation – Closing the nutrient cycle, Final Report on the R&D Project Source-Separated Human Urine, A Future Source of Fertilizer for Agriculture in the Stockholm Region

Diese Studien wurden im Rahmen des vom Kompetenzzentrum Wasser Berlin durchgeführten Demonstrationsvorhabens SCST erstellt. Die Finanzierung erfolgt durch Veolia Water, die Berliner Wasserbetriebe sowie über das Finanzierungsinstrument LIFE der Europäischen Gemeinschaft (Dauer: 1. Januar 2003 – 31. Dezember 2006, LIFE03 ENV/D/000025).

## Optimierung des Rapsanbaus in Trockengebieten durch Einzelkornsaat

Joachim Bischoff<sup>1</sup>, Bodo Hofmann<sup>2</sup> & Olaf Christen<sup>2</sup>

### Einleitung

Der Ertrag von Winterraps wird in hohem Maße mit der Aussaat festgelegt. Neben dem Saatzeitpunkt, der Sortenwahl und der richtigen Saatstärke haben die Bodenbearbeitung und Bestelltechnik einen wesentlichen Einfluss auf die Pflanzenentwicklung im Herbst. Um hohe und sichere Feldaufgänge bei einer gleichmäßigen Pflanzenverteilung zu erzielen, werden im Rapsanbau zunehmend auch Einzelkornsämaschinen verwendet. Diese verfügen gegenüber herkömmlichen Drillmaschinen über eine regelmäßige Saatgutablage durch die mechanische oder pneumatische Korneinzelung und über eine exakte Tiefenführung der Säaggregate. Für die Rapsaussaat werden an der Rüben- oder Maissätechnik lediglich der Abstand der Säaggregate auf die gewünschte Reihenweite von 25 cm beziehungsweise 37,5 cm verringert und die Säscheiben ausgetauscht. Von praktischem Belang ist die Frage, welche Faktoren beim Säverfahren letztendlich für den Ertrag wichtig sind. Ist es ausschließlich die Saatguteinbettung in den Boden, also eine bodenphysikalische Größe, oder resultieren aus der Pflanzenverteilung der Einzelkornsaat auch ertragsphysiologische Vorteile? Hierzu wurden an der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau gemeinsam mit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Feldversuche durchgeführt. Eine ausführliche Darstellung und Diskussion der Versuchsergebnisse erfolgte von HEINS (2005) und GEIER (2006).

### Material und Methoden

Experimentelle Grundlage der Untersuchungen sind zwei Feldversuche (I, II), die auf dem trockenen Löß-Standort Bernburg-Strenzfeld unter Produktionsbedingungen durchgeführt wurden. Der Versuchsstandort liegt in der Kernzone des mitteldeutschen Trockengebietes (NStE Lö1, stark toniger Schluff Ut4, Jahresniederschlag 469 mm, Jahresmitteltemperatur 9,1 °C). **Versuch I:** Bodenbearbeitung x Säverfahren x Sortentyp ( $r = 4$ ). **Versuch II:** Saatstärke mit 30, 40, 50, 60 Körnern/m<sup>2</sup> ( $r = 4$ ). Die Rückverfestigung unterhalb der Saatgutablagezone wurde anhand der Trockenrohdichte des Bodens mittels Stechzylinderproben in 0 - 4 cm, 4 - 8 cm und 8 - 12 cm Entnahmetiefe bestimmt. In regelmäßigen Zeitabständen erfolgten Messungen des Wurzeltiefgangs, Untersuchungen der Trockenmassebildung und Ertragsstruktur. Für die Wurzelmessungen wurden 2 m lange Plexiglasrohre in einem Winkel von 45° mittig unter die Rapsreihe eingebracht. Die Entwicklung der senkrecht auf das Wurzelbeobachtungsrohr auftreffenden Rapswurzeln wurde durch sigmoide Wachstumfunktionen beschrieben.

### Ergebnisse und Diskussion

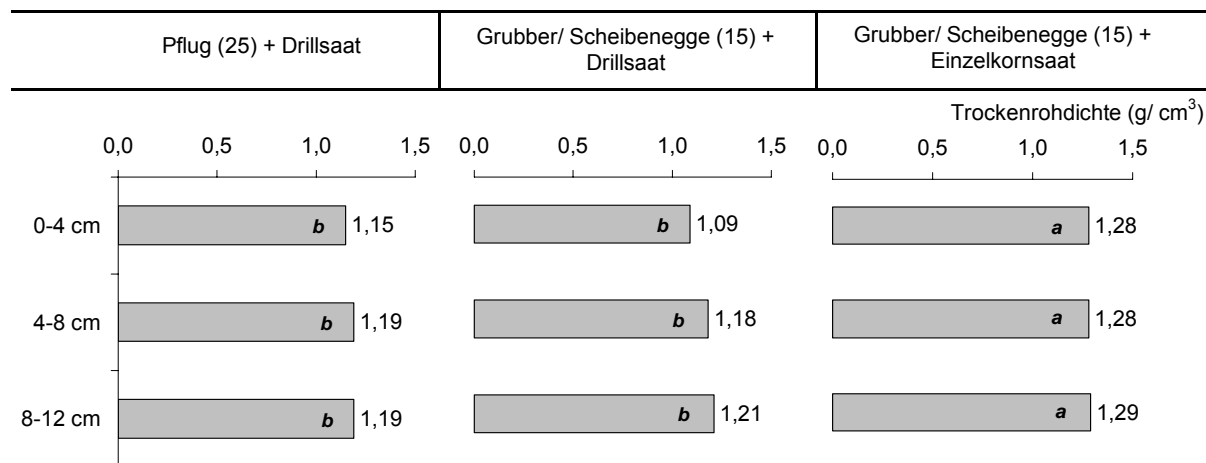
Die Einzelkornsaat erzielte unter den trockenen Aussaatbedingungen der Jahre 1998/99, 2000/01, 2002/03 und 2004/05 gegenüber der Drillsaat statistisch gesicherte Mehrerträge sowohl bei konservierender als auch wendender Grundbodenbearbeitung. Auf die Vorwinterentwicklung des Rapses hatten die Faktoren Tiefen-

---

<sup>1</sup> Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (LLFG) Sachsen-Anhalt, Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg,

<sup>2</sup> Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Acker- und Pflanzenbau, 06099 Halle

ablage, Korneinbettung und Kornabstand gleichermaßen Einfluss. Dagegen konnte nicht gesichert nachgewiesen werden, dass die Pflanzenverteilung während der Hauptwachstumsphase ertragswirksam war. Die exakte Tiefenablage des Saatgutes und die partielle Rückverfestigung unterhalb der Saatgutablagezone durch die Andruckrollen der Einzelkornsämaschine ermöglichten einen raschen und gleichmäßigen Feldaufgang. Allein im Bereich der Saatgutablage wies die Einzelkornsä eine höhere Trockenrohichte auf als die Drillsäat (siehe Abbildung).



Werte innerhalb gleicher Bodentiefen mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ( $p = 5\%$  Tukey-Test).

**Abbildung:** Einfluss von Bodenbearbeitung und Säverfahren auf die Trockenrohichte in der Saatreihe.

Der Raps in Einzelkornsäat bildete kräftigere Einzelpflanzen als die Drillsäat, mehr Wurzeltrockenmasse und einen größeren Wurzelhalsdurchmesser, woraus eine bessere Winterhärte resultierte. Eingangs der Winterruhe wurden durchschnittlich 70 cm Wurzeltiefgang nach Einzelkornsäat gemessen, nach Drillsäat nur 40 - 50 cm. Offensichtlich beeinflusste der Bodenwiderstand durch die partielle Rückverfestigung unterhalb der Saatgutablagezone das Wurzelwachstum des Rapses. Die Einzelkornsäat erzielte mit Saatstärken zwischen 30 und 60 Körnern/m<sup>2</sup> ein vergleichbar hohes Ertragsniveau. Verminderte Pflanzenzahlen wurden über eine gesteigerte Schoten- zahl/Pflanze kompensiert. Die Pflanzenverteilung bei Einzelkornsäat führte tendenziell zu einer geringeren Triebreduktion. Zur Beantwortung der Frage, ob sich im Ackerbau ohne Pflug die Anforderungen an die Aussaat ändern, wurden Wechselwirkungen zwischen den Prüffaktoren berechnet. Danach erfordert die konservierende Bodenbearbeitung kein spezielles Säverfahren, keine andere Sortenwahl und auch keine höhere Saatstärke.

### Literatur

- HEINS, K. (2005): Einfluss von Bodenbearbeitung und Saatverfahren auf die Ertragsbildung bei Winterraps im mitteldeutschen Trockengebiet. Diplomarbeit Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- GEIER, J. (2006): Wirkung anbautechnischer Maßnahmen (Bodenbearbeitung, Saatverfahren) auf physikalische Bodeneigenschaften, Wurzelwachstum und Ertragsstruktur bei Winterraps. Diplomarbeit Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.



## **Wirkung verschiedener Pflanzenstärkungsmittel auf Ertrag und Pflanzengesundheit bei Kartoffeln im ökologischen und integrierten Anbau**

Britta Kowalski, Detloff Köppen, Felipe J. Terry<sup>1</sup> & Daniel Agramonte P.<sup>1</sup>

### **Einleitung**

Die Wirkung von Pflanzenstärkungsmitteln als Alternative zu kupferhaltigen und chemischen Pflanzenschutzmitteln zur Gesunderhaltung von Kartoffelbeständen und zur Ertragsstabilisierung war bis jetzt unter Freilandbedingungen nicht zufrieden stellend. Schwankender natürlicher Befallsdruck und klimatische Einflüsse scheinen pflanzenstärkende Eigenschaften zu modifizieren und erschweren verlässliche Aussagen zur Wirksamkeit. So verzögerte bei parallel durchgeführten Parzellenversuchen ein Pflanzenextrakt den Befall mit Blattkrankheiten sowohl unter gemäßigten als auch unter subtropischen Bedingungen, während ein anderer nur unter subtropischen Bedingungen wirksam war (Kowalski et al. 2005).

### **Material und Methoden**

Die Pflanzenstärkungsmittel lösliches Chitosan (ChitoPlant) und Produkte auf Basis von Pflanzenextrakten (Kendal, FungEnd und Megafol) wurden zu drei Sorten (Adretta mittelfrüh, Alegria und Meridian mittelspät) im Parzellenversuch appliziert. Bei Chitosan wurden bei Adretta in den Jahren 2003 - 2005 verschiedene Anwendungen (zu Pflanzknolle und/oder Blatt, unterschiedliche Konzentrationen in der Spritzlösung, Anzahl der Anwendungen) geprüft. Bei der integrierten Variante wurde das Kraut im Juni mit löslichem Chitosan behandelt, und erst ab Anfang Juli Kontaktfungizide eingesetzt.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Wie bereits in den Jahren 2003 und 2004 (Kowalski et al. 2005) zeigten Megafol und FungEnd gegenüber *Phytophthora infestans* keine signifikante Wirkung, während Kendal die Befallsentwicklung verzögerte (Tab. 1). Die Erträge der Megafol- und FungEnd-Behandlungen entsprachen denen der Kontrolle. Bei Kendal entsprach das Ertragsniveau der chemischen Behandlung; wobei die Ertragserhöhung bei der Sorte Meridian signifikant, bei Adretta und Alegria nicht signifikant war.

Bei Chitosan beeinflusste die Art der Anwendung den Befall mit Krautfäule. Über drei Versuchsjahre zeigte die Kombination von Pflanzgut- und Blattbehandlung die stabilsten Effekte (Abb. 1), während die alleinigen Pflanzgut- oder Blattbehandlungen weniger zuverlässig waren. Die Erträge entsprachen denen der Kontrollvariante; signifikante Ertragssteigerungen durch Chitosan waren nur unter subtropischen Bedingungen erreicht worden (Kowalski et al. 2005), was vermuten lässt, dass Chitosan vor allem unter Stressbedingungen wirksam ist.

In der integrierten Anbauvariante war der Befall mit Krautfäule gegenüber der unbehandelten Kontrolle gleich stark reduziert wie in der reinen Fungizid-Variante, die Erträge gleich hoch (Tab. 2). Als alleinige Maßnahme konnten 5 g l<sup>-1</sup> lösliches Chitosan, eingesetzt als Pflanzknollen- und wöchentliche Blattbehandlung, den Befall bei den Sorten Adretta und Meridian ebenfalls leicht mindern, die Erträge erreichten jedoch nicht die der integrierten und Fungizidvarianten.

---

Universität Rostock, Institut für Landnutzung, FG Acker- und Pflanzenbau

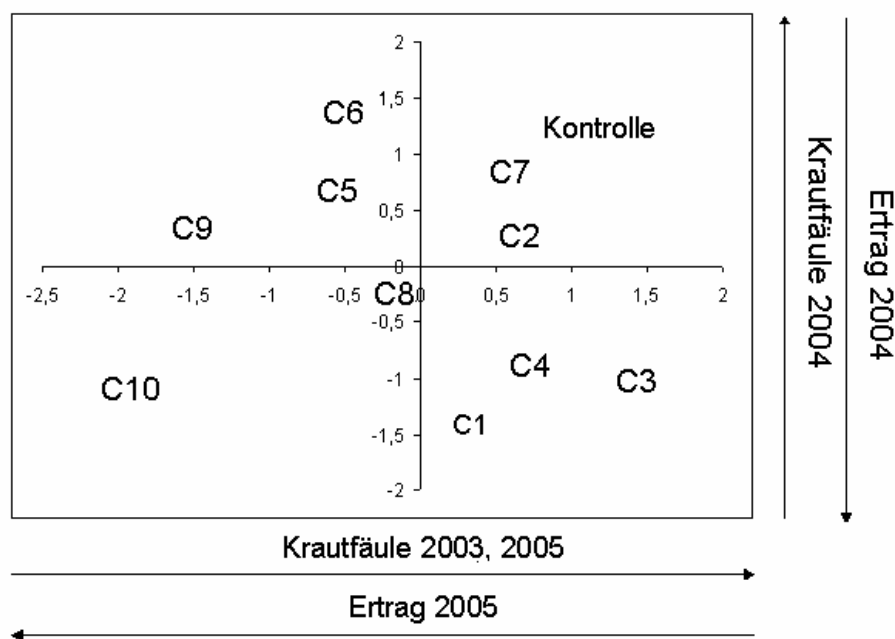
<sup>1</sup> Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central de Las Villas, Kuba

**Tab. 1:** Krautfäulebefall und Ertrag nach Blattbehandlung mit Pflanzenstärkungsmitteln im Parzellenversuch in Rostock 2005

Behandlungs- variante	Krautfäulebefall %						Ertrag g/Pflanze					
	Adretta		Meridian		Alegria		Adretta		Meridian		Alegria	
Kontrolle	37,7	c	21,2	c	21,9	b	561,2	a	731,8	a	636,6	a
Fungizid	7,5	a	4,4	a	7,6	a	771,4	b	914,5	b	922,8	b
Kendal	11,1	b	8,7	b	13,9	b	710,8	ab	916,2	b	767,4	ab
Megafol	33,6	c	18,6	bc	19,7	bc	616,1	ab	716,8	a	587,0	a
<b>FungEnd</b>	29,6	c	19,6	bc	17	bc	573,4	ab	758,4	a	662,8	a

**Tab. 2:** Krautfäulebefall und Ertrag nach Blattbehandlung mit Fungiziden, löslichem Chitosan sowie der Kombination von Fungizid und Chitosan

Behandlungs- variante	Krautfäulebefall %						Ertrag g/Pflanze					
	Adretta		Meridian		Alegria		Adretta		Meridian		Alegria	
Kontrolle	37,7	c	21,2	c	21,9	b	561,2	a	731,8	a	636,6	a
Fungizid	7,5	a	4,4	a	7,6	a	771,4	b	914,5	b	922,8	b
Chitosan 1	28,6	c	20,4	c	23,5	b	570,9	a	747,6	a	610,5	a
Chitosan 2	19,7	b	16,3	bc	22,2	b	584,7	a	777,7	a	656,7	a
Chitosan 3	16,3	ab	12,8	ab	14,9	b	601,4	a	781,3	a	625,6	a
Fungizid + Chitosan	6,9	a	7,3	a	4,8	ab	707,8	ab	946,7	b	904,4	b



**Abb. 1:** Faktoranalyse der Versuchsjahre 2003 – 2005 des Parzellenversuchs in Rostock mit zehn verschiedenen Chitosananwendungen (C1 - C4 Blattbehandlung, C5 - C7 Pflanzgutbehandlung, C8 - C10 kombinierte Anwendung Pflanzgut + Blatt)

**Literatur**

Kowalski, B., F. Jimenez Terry, I., D. Agramonte Penalver, C. Unger, D. Köppen, 2005 Untersuchungen zur Wirkung von Pflanzenstärkungsmitteln und Elicitoren auf Ertrag und Pflanzengesundheit bei Kartoffeln. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 17, S. 351- 352

## Analyse und Bewertung der N- Überschüsse innerhalb verschiedener Rapsanbausysteme in Norddeutschland

Bernhard Wagner<sup>1</sup>, Olaf Christen<sup>1</sup>, Klaus Sieling<sup>2</sup> & Michael Steininger<sup>3</sup>

### Einleitung

Stickstoffüberschüsse sind potentiell auswaschungsgefährdet und können zur Nitratbelastung des Grund- und Trinkwassers beitragen. Insbesondere Fruchtfolgen mit einem hohen Anteil an Winterraps stehen hier in der Kritik. Zu dieser Thematik liegen aber nur begrenzt experimentelle Ergebnisse vor.

### Material und Methoden

Grundlage für die Analysen verschiedener Rapsanbausysteme sind zwei Fruchtfolgeversuche auf der Versuchsstation Hohenschulen (CAU).

Versuch 1 „Nachwirkungen unterschiedlicher Fruchtfolgen auf den Ertrag von Winterweizen“ (Untersuchungszeitraum 1986-2001) wobei hier der Focus auf der Fruchtfolge WR-WW-WG liegt. Differenziert bei der Versuchsdurchführung wurde in 3 Varianten der Behandlung (1 Düng. suboptimal + Fungizideinsatz, 2 Düngung optimal + Fungizideinsatz, 3 Düng. Optimal ohne Fungizideinsatz). Versuch 2 mit dem Schwerpunkt „N- Wirkung von Gülle und Mineraldünger auf Winterraps, Winterweizen und Wintergerste“ (Untersuchungszeitraum 1995-2004). Von insgesamt 27 Düngungsvarianten wurden 8 (gestaffelt von A: 40 kg; B: 80; C 80 kg; D 120 kg; E 120 kg; F 160 kg; G 200 kg und H 240 kg) ausgewählt und über einen Zeitraum von 9 Jahren analysiert.

Als Instrument zur Bewertung wurde das Computergestützte Bilanzierungsmodell REPRO verwendet.

Analysiert und bewertet wurden diese mittels zweier Indikatoren: Humusbilanz nach der HE- Methode welche als Voraussetzung den zweiten Indikator der N- Bilanzierung ist. Für die Sickerwasserermittlung wurden vergleichend drei Methoden (REPRO, ABIMO (GLUGLA, 1997) und BOWAM (DUNGER, 2002)) verwendet. Ziel der Bewertung ist die Abschätzung der N-Überschüsse und deren Schwankungsbreite unter Berücksichtigung der standortspezifischen tolerablen N- Salden in verschiedenen Winterraps - Fruchtfolgesystemen, bei differenziertem N- Management und unterschiedlichen Witterungsbedingungen.

Die tolerierbaren N- Salden wurden wie folgt ermittelt:

$$\Delta N_{\text{verlagerbar}} = \frac{N_{\text{konz}} * SW}{AF * 443} \quad AF = \frac{SW}{FK} \quad AF = \text{Austauschfaktor (für } AF > 1 \text{ gilt } AF = 1)$$

$$\Delta N_{\text{tolerierbar}} = \Delta N_{\text{verlagerbar}} + N_{\text{Denitrifikation}} + N_{\text{NH}_3} - \text{Verluste}$$

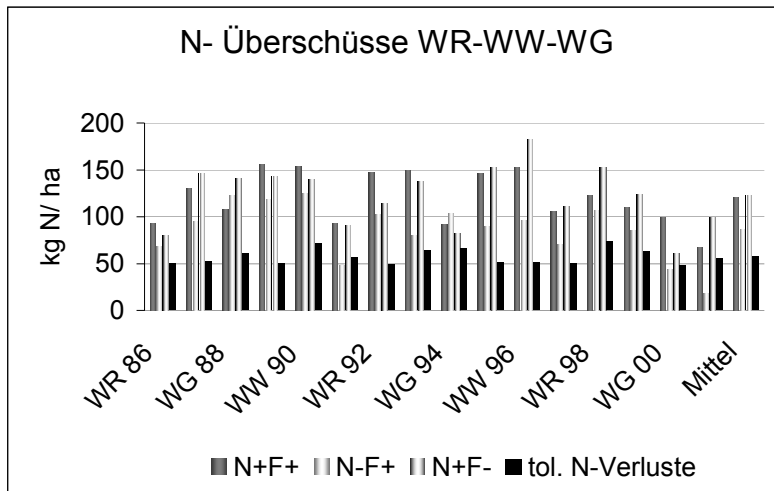
Die tolerierbaren N - Salden wurden in den vorangegangenen Untersuchungen auf Basis einer potentiellen Nitratkonzentration im Sickerwasser von 50 mg NO<sub>3</sub>/l berechnet.

<sup>1</sup> Institut für Acker- u. Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06108 Halle/Saale

<sup>2</sup> Institut für Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung Abt. Acker- und Pflanzenbau CAU Kiel

<sup>3</sup> Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz 06132 Halle/Saale

## Ergebnisse und Diskussion



Ausschließlich in der Behandlungsstufen 3 (N-F+) des in Abb. 1 dargestellten Versuches 1 wurden die tolerierbaren N-Überschüsse in den Jahren 1991, 2000 und 2001 unterschritten.

Abb. 2 zeigt dass, die Ergebnisse aus dem BOWAM sich deutlich stärker von REPRO und ABIMO unterscheiden.

**Abb. 1:** Versuch 1 N- Salden und Tolerierbare N- Überschüsse

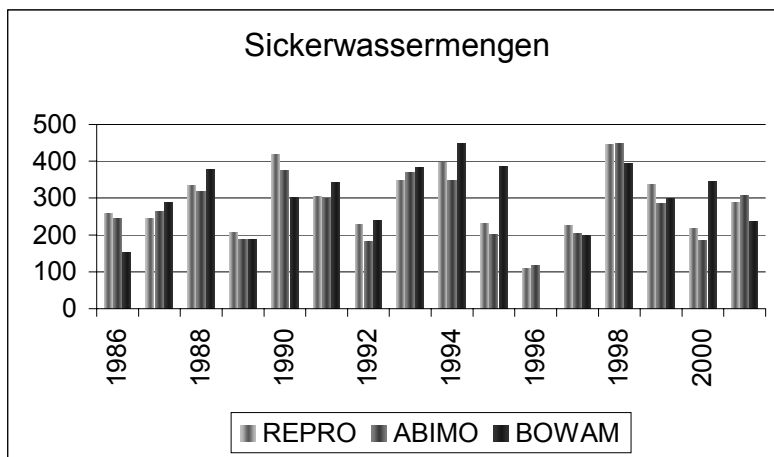
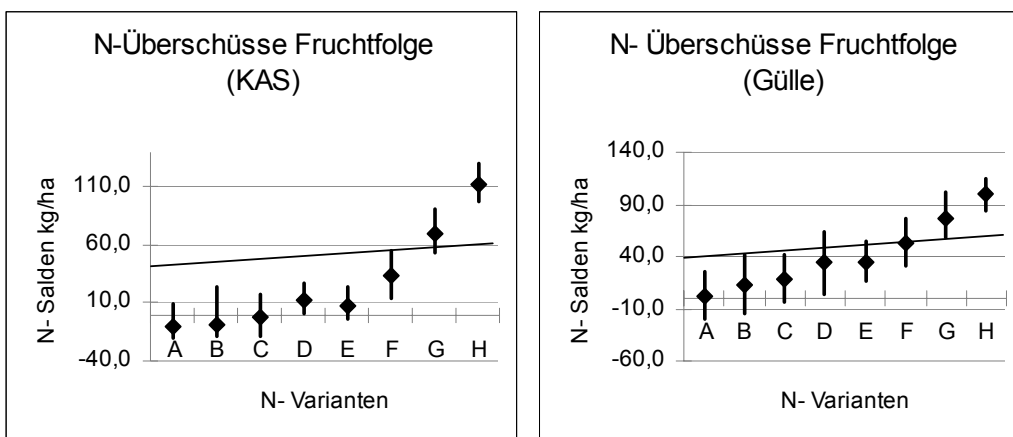


Abb. 3 zeigt die mittleren Fruchtfolge-Salden und deren Schwankungsbreite innerhalb der N- Varianten der Jahre 1997-2004. Ab der Variante G (200 kg N/ha) werden die tolerierbaren N- Salden an diesem Standort deutlich überschritten. (Trendlinie = tolerierbare N-Salden).

**Abb. 2:** Versuch 1 Sickerwassermengen in mm/a



**Abb. 3.** N- Bilanzsalden Vergleich mineralisch / organisch (WR-WW-WG)

## Literatur

- GLUGLA, G.; FÜRTIG, G. (1997): Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogrammes ABIMO. Berlin
- DUNGER, V. (2002) BOWAM – Modell (Version 2002) zur Simulation des Wasserhaushaltes in der wasserungesättigten Bodenzone (Aerationszone)

## Methodenentwicklung zum N-Aufnahmemonitoring und Ableitung kritischer, stadienspezifischer Bestandesflächenindizes bei Winterweizen

Franziska Meyer-Schatz, Ulf Böttcher & Henning Kage

### Einleitung

In der Zeit des vegetativen Wachstums kann für Winterweizen ein enger Zusammenhang zwischen oberirdischer Trockenmasse, Stickstoffmenge im Bestand und Blattflächenindex (BFI) nachgewiesen werden. Bei N-Mangel reduzieren die Pflanzen stärker die Blattflächenbildung als die N-Gehalte in den Blättern. So ist auch unter N-limitierenden Bedingungen ein nur wenig veränderter Zusammenhang zwischen N-Aufnahme und BFI möglich. Neue, nichtdestruktive Messverfahren eröffnen darüber hinaus neue Möglichkeiten der zeitnahen Messung des BFI während der Vegetationsperiode. Der BFI könnte daher als Zielgröße für das N-Management in Winterweizen geeigneter sein als konzentrationsbezogene Messverfahren (N-Tester, Nitra-check) bzw. als die Zahl ährentragender Halme.

Hierzu benötigt man geeignete Schätzverfahren zur Ableitung der N-Aufnahme aus dem BFI sowie Referenzwerte des BFI bzw. der N-Aufnahme als Funktion der Bestandesentwicklung.

### Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut Hohenschulen nahe Kiel wurden 2005 und 2006 Parzellenversuche mit 4 Winterweizensorten (Tommi, Dekan, Cubus, Ritmo) und 4 verschiedenen Stufen der N-Düngung angelegt: ungedüngt (N1), 80 kg N/ha (N2), 160 kg N/ha (N3), 240 kg N/ha (N4). Während der Vegetationsperioden wurden stadienabhängig destruktive Beprobungen durchgeführt. Es wurden der Gesamt- bzw. Blattflächenindex, die Trockenmasse und die N-Konzentrationen der einzelnen Sprossfraktionen untersucht. Parallel zu den Beprobungen fanden nichtdestruktive Messungen mit dem BFI 2000 (LiCor) und dem SPAD-Meter (Minolta), zur Bestimmung des Gesamtflächenindex und des Chlorophyllgehalts statt.

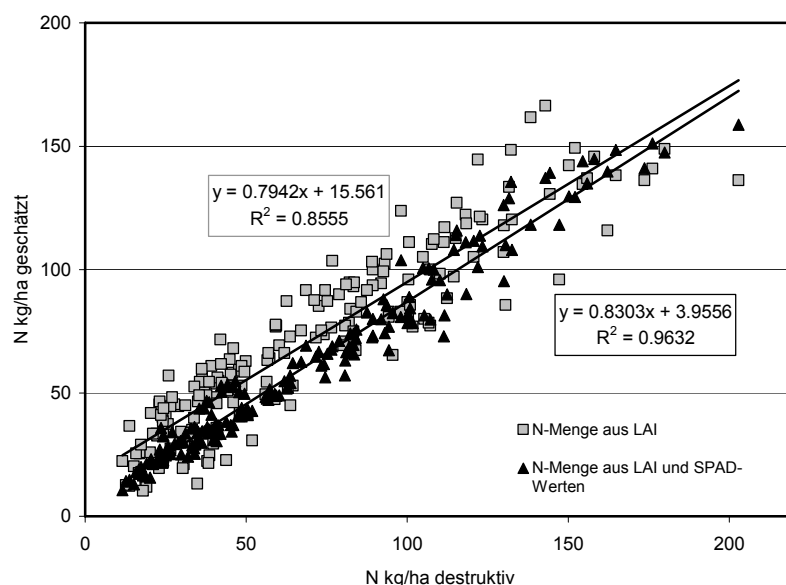
Mittels der Messdaten wurden N-Aufnahmen der Bestände während der Vegetation mit 2 verschiedenen Ansätzen geschätzt. Der 1. Ansatz (N aus BFI) beruht auf der direkten Korrelation zwischen dem gemessenen BFI und der tatsächlich aufgenommenen N-Menge. Der 2. Ansatz (N aus BFI und SPAD-Werten) unter Einbeziehung der SPAD-Werte zur Schätzung der Blatt-N-Konzentration erreicht. Die Stängel-N-Konzentration wurde über eine „Trockenmasseverdünnungsfunktion“ ermittelt. Die Blatt-Trockenmasse wurde dabei mit Hilfe des BFI geschätzt. Über allometrische Verhältnisse wurde auf die Stängeltrockenmasse geschlossen.

### Ergebnisse und Diskussion

Bei Ansatz 1 konnte eine N-Aufnahme von 39 kg/ha N je BFI-Einheit festgestellt werden. In englischen Untersuchungen hingegen lagen die N-Mengen je BFI-Einheit deutlich niedriger bei 30 kg/ha (Stokes et al. 1998).

In Abbildung 1 ist die Schätzgüte der beiden Ansätze dargestellt. Bei der Schätzung der N-Menge aus dem BFI (1. Ansatz) wurde ein Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) von 0,86 erreicht. Im 2. Ansatz konnte das Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) auf 0,96 verbessert werden.

Dies spiegelt sich auch im RMSE wieder, der im Ansatz 1 bei 16 kg N/ha und im Ansatz 2 bei 13 kg N/ha liegt.



**Abb. 1:** Qualität der angewandten Schätzfunktionen

In Tabelle 1 sind die EC-Stadien, SPAD- und Bestandsflächenindexwerte (2006) der nach Sollwert (230-240 kg N/ha) gedüngten Varianten an der Sorte Dekan dargestellt. Die Variation zwischen den Standorten wird am Merkmal BFI deutlicher als bei den Messwerten des SPAD-Meters. Die BFI's der Standorte Borwede und Holtorfsloh unterscheiden sich um 40% (1,7 Einheiten), die N-Tester-Werte um 7% (45 Einheiten). Die Unterschiede in der N-Aufnahme (nach Ansatz 2), als Beispiel hat der Bestand in Borwede am 15.05.06 eine N-Aufnahme von 140 kg N/ha, der Bestand in Holtorfsloh hat eine N-Aufnahme von 82 kg N/ha, erklären sich daher im wesentlichen aus den Differenzen der Bestandsflächenindizes und weniger aus den N-Konzentrationen.

### Literatur

- Stokes, D.T., Sylvester-Bradley, R., Scott, R.K., Clare, R., Hopkinson, J., Milford, G.F., Salmon, S.E., 1998. An integrated approach to nitrogen nutrition for wheat. HGCA Project Report No. 159
- Yin, X., Lantinga, E.A., Schapendonk, A.H.C.M., Zhong, X., 2003. Some quantitative relationships between leaf area index and canopy nitrogen content and distribution. Ann Bot 91:893-903

## **Bewertung ausgewählter Leguminosen- und Leguminosen-Getreide-Gemenge im Ökologischen Landbau hinsichtlich der Ertragsleistung und des Futterwertes**

Herwart Böhm & Andreas Berk<sup>1</sup>

### **Einleitung**

Die Erzeugung von betriebseigenen, proteinreichen Futtermitteln im Ökologischen Landbau ist für eine ernährungsphysiologische ausgewogene und leistungsgerechte Fütterung vor allem durch heimische Körnerleguminosen zu erreichen. Der Anbau von Gemengen kann hier im Hinblick auf die Unkrautunterdrückung (Bilau et al. 2006, in diesem Band) oder der Ertragssicherheit Vorteile bieten. Bisher liegen nur wenige Erfahrungen zum Gemengeanbau mit Blauen Lupinen vor.

### **Material und Methoden**

Am Standort Trenthorst (Parabraunerde, sL, 50-55 BP, pH 6,5) des Instituts für ökologischen Landbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft wurden in den Jahren 2003-2005 ausgewählte Körnerleguminosen und Leguminosen-Getreidegemenge und den dazugehörigen Reinsaat (Hafer [HA, 300 Kö/m<sup>2</sup>], So-Gerste [SG, 300 Kö/m<sup>2</sup>], Futtererbsen [FE, 70 Kö/m<sup>2</sup>], Weiße Lupine [WL, 70 Kö/m<sup>2</sup>], Ackerbohnen [AB, 35 Kö/m<sup>2</sup>], Blaue Lupine [BL, 130 Kö/m<sup>2</sup>]) geprüft. Die Gemenge wurden mit jeweils 50% der Aussaatstärke der Reinsaat gedreht. Die Aussaat erfolgte zwischen Ende März und Mitte April. Die Versuche wurden in 4-facher Feldwiederholung mit einer Parzellengröße von 33 bzw. 41 m<sup>2</sup> angelegt. Die Beerntung erfolgte im Kerndruschverfahren (1,75 m).

Die Ernteproben wurden gereinigt und die Gemengevarianten zur Bestimmung der Ertragsanteile der Gemengepartner getrennt. Die Berechnung der für die NEL und ME<sub>s</sub> notwendigen Inhaltsstoffe wurden mittels FT-NIRS geschätzt. Die Berechnung der Futterenergie in den Futtermitteln basiert auf den Formeln des Ausschuss für Bedarfsnormen (1987, 2001). Die statistische Verrechnung erfolgte mit SAS (Vers. 9.1).

### **Ergebnisse und Diskussion**

Alle statistischen Verrechnungen wiesen Wechselwirkungen zwischen den geprüften Varianten und den Versuchsjahren aus, so dass die Ergebnisse in den Tab. 1 und 2 getrennt nach Jahren dargestellt wurden.

Die jahresbedingten Unterschiede bei den Erträgen von Ackerbohnen und Futtererbsen sind vor allem auf einen unterschiedlich starken Befall mit Blattläusen, der die weitere Ertragsbildung stark einschränkte, zurückzuführen. Dies wirkte sich auch auf die Ertragsleistung der Gemenge aus, wobei bei den Getreidegemengen ein Ausgleich durch den Gemengepartner Getreide stattfand. Dies wird besonders bei dem Gemenge FE+SG deutlich, das in allen 3 Jahren auf einem vergleichbarem Ertragsniveau lag. Während in 2003 der Ertragsanteil der Gerste 47 % betrug, stieg dieser in den Jahren mit Blattlausbefall auf 72,9 bzw. 66,2 % an (Tab. 1). Die Erträge der Gemenge mit Blauer Lupine lagen unter denen der anderen Gemenge. Der Ertragsanteil der Blauen Lupine war aufgrund ihrer Konkurrenzschwäche in allen Jahren auf geringem Niveau. Im BL+AB-Gemenge wurde die Blaue Lupine wegen der sehr gut

---

Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),  
Trenthorst 32, 23847 Westerau

<sup>1</sup> Institut für Tierernährung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), 38118 Braunschweig

entwickelten Ackerbohnen vollständig verdrängt. Entsprechend stieg der Ertragsanteil der Blauen Lupine, wenn der Gemengepartner FE (2004) oder AB (2005) durch Blattlausbefall in der Ertragsbildung geschwächt war.

**Tab. 1:** Kornertrag [dt ha<sup>-1</sup>] und Ertragsanteile für die Reinsaaten und die Gemengevarianten für die Jahre 2003 - 2005

	Ertrag [dt ha <sup>-1</sup> ]			Ertragsanteile [%]		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
<b>BL</b>	33,3 abc	35,0 cd	24,7 a	100 / -	100 / -	100 / -
<b>AB</b>	43,1 def	47,9 f	20,7 a	100 / -	100 / -	100 / -
<b>FE</b>	47,9 fg	28,1 bc	35,6 cd	100 / -	100 / -	100 / -
<b>WL</b>	25,0 a	11,3 a	27,8 ab	100 / -	100 / -	100 / -
<b>SG</b>	32,3 b	45,0 ef	43,6 e	100 / -	100 / -	100 / -
<b>HA</b>	36,4 bcd	50,9 fg	42,0 de	100 / -	100 / -	100 / -
<b>BL + SG</b>	39,6 bce	25,8 b	42,4 de	22,4 / 77,6	17,3 / 82,7	15,1 / 84,9
<b>BL + FE</b>	42,0 cf	26,5 b	32,7 bc	16,7 / 83,3	36,9 / 63,1	16,4 / 83,6
<b>BL + AB</b>	36,2 bcd	40,3 de	21,4 a	17,7 / 82,3	0,2 / 99,8	35,7 / 64,3
<b>FE + SG</b>	46,7 efg	47,2 ef	44,0 e	53,0 / 47,0	27,1 / 72,9	33,8 / 66,2
<b>AB + HA</b>	48,5 fg	56,1 g	38,8 ce	44,6 / 55,4	46,6 / 53,4	16,6 / 83,4
<b>AB + FE</b>	50,3 g	43,7 ef	23,7 a	36,8 / 63,2	83,2 / 16,8	31,7 / 68,3

Nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test,  $\alpha = 0,05$

Die Rohproteingehalte der Körnerleguminosengemenge waren höher als die der Leguminosen-Getreidegemenge. Der RP-Gehalt des Gemenges BL+FE wurde trotz des recht geringen Ertragsanteils der Lupine im Vergleich zu der Reinsaat Futtererbse signifikant erhöht.

Während die Weiße Lupine, gefolgt von der Blauen Lupine, die höchste NEL aufwies, zeigte die Futtererbse die höchste ME<sub>S</sub> (Tab. 2). Die Leguminosen-Getreidegemenge zeigten sowohl eine höhere NEL als auch ME<sub>S</sub> im Vergleich zu Getreide. Von den Gemengen wies das AB+HA-Gemenge die geringste NEL bzw. ME<sub>S</sub> auf. Trotz des geringen Ertragsanteil der Blauen Lupine zeigte das BL+SG-Gemenge eine mit dem FE+SG-Gemenge vergleichbare NEL.

**Tab. 2:** Rohproteingehalt [% TM], NEL [MJ kg<sup>-1</sup> TM] sowie ME<sub>S</sub> [MJ kg<sup>-1</sup> TM] für die Reinsaaten und die Gemengevarianten für die Jahre 2003 und 2004

	Rohprotein [% TM]		NEL [MJ/kg TM]		ME <sub>S</sub> [MJ/kg TM]	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
<b>BL</b>	33,6 h	34,5 h	8,91 h	8,96 h	14,4 c	14,4 cd
<b>AB</b>	30,0 g	30,5 g	8,71 f	8,75 g	14,5 cd	14,5 df
<b>FE</b>	20,5 e	21,4 d	8,54 e	8,53 e	15,7 g	15,6 i
<b>WL</b>	34,9 h	38,6 i	9,40 i	9,40 i	15,3 f	15,3 h
<b>SG</b>	9,1 b	10,1 a	8,21 c	8,29 c	14,6 d	14,6 cf
<b>HA</b>	7,3 a	8,6 a	6,90 a	6,95 a	12,4 a	12,3 a
<b>BL + SG</b>	14,8 c	14,7 b	8,39 d	8,32 cd	14,5 cd	14,3 c
<b>BL + FE</b>	24,8 f	25,1 e	8,57 e	8,62 f	15,3 f	15,0 g
<b>BL + AB</b>	30,9 g	29,3 fg	8,77 g	8,71 g	14,5 d	14,4 c
<b>FE + SG</b>	16,0 c	14,3 b	8,37 d	8,37 d	15,0 e	14,7 f
<b>AB + HA</b>	18,4 d	18,6 c	7,72 b	7,75 b	13,4 b	13,1 b
<b>AB + FE</b>	24,2 f	28,3 f	8,59 e	8,70 g	15,2 f	14,5 cde

Nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test,  $\alpha = 0,05$



## Ertrag und Qualität von Öko-Ganzpflanzensilagen aus Sommergetreide und Körnerleguminosen

Andreas Titze & Harriet Gruber

### Einleitung

Im ökologischen Landbau können großkörnige Leguminosen im Gemenge mit Sommergetreide sowohl zur Körnernutzung als auch zur Silageproduktion angebaut werden. In beiden Fällen wird durch den Gemengeanbau gegenüber einer Reinsaat eine bessere Unkrautunterdrückung durch schnellere Bodenbedeckung erreicht. Darüber hinaus werden die Auswirkungen extremer Witterungsbedingungen und die Folgen eines stärkeren Schädlingsbefalls ausgeglichen. In ökologischen Futterbaubetrieben kann aus Körnerleguminosen-Getreide-Gemengen hergestellte Ganzpflanzensilage – ähnlich wie Maissilage – als Ergänzung zur Grassilage vom Grünland in der Fütterung eingesetzt werden. Problematisch sind dabei die objektive energetische Bewertung dieses Grundfuttermittels, die Auswahl der Mischungspartner sowie die Beherrschung des technologischen Ablaufs der Silageherstellung. Gegenstand des vorliegenden Beitrages sind die Ertrags- und Qualitätsbewertung der angebauten Gemenge

### Material und Methoden

Am Standort Gülzow (Bodenart IS, 542 mm Niederschlag) wurden in einem Feldversuch (Blockanlage mit 4 Wiederholungen) verschiedene Gemenge auf Ertrag und deren Silagen auf Qualität geprüft. Tabelle 1 gibt die Gemengepartner und die Aussaatparameter an.

**Tab. 1:** Zusammensetzung der Leguminosen–Getreide–Gemenge

Gemengepartner	Sorte	Saatstärke Kö./m <sup>2</sup>	Saattiefe cm
Erbsen/Hafer	Power/Lutz	50/150	4
Lupinen/Hafer	Borweta/Lutz	70/150	2
Erbsen/Gerste	Power/Orthega	50/150	4
Lupinen/Gerste	Borweta/Orthega	70/150	2

Die Ernte erfolgte zum Zeitpunkt der Teigreife der Leguminosen. Das Erntegut wurde vor Ort zur Ertragsbestimmung parzellenweise gewogen, im Anschluss auf 2 cm Häcksellänge zerkleinert und je 15 kg Originalsubstanz in standardisierten Eimern siliert. Nach 12 Wochen wurden die Eimer geöffnet und die Qualitätsuntersuchungen an der fertigen Silage durchgeführt. Untersucht wurden der Mineralstoffgehalt (Mg, K, P, Ca, Na), der Rohnährstoffgehalt (Rohprotein, Rohfaser, Rohasche, Rohfett, wasserlösliche Kohlenhydrate, Stärke, Nitrat), die Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) sowie die Gärqualität (pH-Wert, Ammoniak, Gärsäuren). Die Verrechnung der Ergebnisse erfolgte mit SAS und proc. mixed (PIEPHO & MICHEL 2001).

## Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel der Jahre konnte kein gesicherter Einfluss der Gemengeart auf den Ertrag festgestellt werden. Nachgewiesen wurden hohe Jahreseffekte und eine hohe Wechselwirkung zwischen dem Jahr und der Gemengeart. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen WICHMANN et al. (2006) beim Vergleich der Sprosstrockenmasse verschiedener Gemenge mit Leguminosen und Getreide unter konventionellen Anbaubedingungen.

**Tab. 2:** Trockenmasseerträge von Leguminosen–Getreide-Gemengen

Gemenge	Ertrag in dt/ha TM			
	2002	2003	2004	2002-2004
Erbsen/Hafer	50	62	67	60
Lupinen/Hafer	66	62	89	72
Erbsen/Gerste	53	69	60	60
Lupinen/Gerste	65	74	94	78
GD 5%	n. s.	5,7	11,3	n. s.

Die Mineralstoffgehalte wiesen keine wesentlichen Besonderheiten auf. Lediglich beim Kaliumgehalt hatte die Gemengeart einen gesicherten Einfluss. Im Mittel der Jahre erreichte das Gemenge Hafer-Erbse den höchsten (2,1 %) und das Gemenge mit Gerste-Lupinen den geringsten (1,1 %) K-Gehalt in der TM. Auf den Rohasche-, Stärke- und Nitratgehalt hatte das Jahr einen gesicherten Einfluss. Im Jahr 2003 konnten besonders geringe Nitratgehalte, hohe Stärkewerte sowie geringe Rohaschegehalte gemessen werden. Der Rohfettgehalt wurde dagegen signifikant durch die Gemengeart beeinflusst. So wiesen die Hafergemenge einen um fast 70 % höheren Fettgehalt als die Gemenge mit Gerste auf. Nur der Gehalt an leichtlöslichen Kohlenhydraten wurde sowohl durch das Jahr als auch durch die Gemengeart beeinflusst. Danach war das Jahr 2003 besonders günstig für die Zuckereinlagerung und bei den Gemengen mit Erbsen wurden erwartungsgemäß deutlich höhere Werte festgestellt als bei denen mit Lupinen. Für alle anderen Parameter waren keine gesicherten Unterschiede abzuleiten. Im Jahr 2003 wurde im Mittel aller vier Varianten mit 61 % die höchste Verdaulichkeit erreicht, die gesichert über der der anderen beiden Jahre lag. Im Gegensatz zur Rohnährstoffmethode zeigten sich bei der Energieberechnung auf Basis der Verdaulichkeit zwar erhebliche Jahreseffekte, jedoch keine Unterschiede zwischen den Gemengearten. Insgesamt waren die untersuchten Silagen als alleiniges Grundfutter nur für Mutterkühe oder Schafe außerhalb der Laktation geeignet. Die Qualität lag deutlich unter der von guten Kleegrassilagen vom gleichen Standort. Die Gemenge wiesen überwiegend gute Gäreigenschaften mit nur geringen Unterschieden auf. Lediglich der Ammoniakgehalt (erhöhter Eiweißabbau) wurde signifikant durch das Jahr beeinflusst. Im Jahr 2002 lag der Gehalt fast 4 Mal so hoch wie in den anderen beiden Versuchsjahren.

## Literatur

- WICHMANN, S., R. LOGES & F. TAUBE, 2006: Kornenertrag, N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung und N-Flächenbilanz von Erbsen, Ackerbohnen und Schmalblättrigen Lupinen in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide. Pflanzenbauwiss., **10**, 2-15
- PIEPHO, H.-P. & V. MICHEL 2001: Überlegungen zur regionalen Auswertung von Landessortenversuchen. Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie, **31/4**, 123-139

## Ertragsbildung verschiedener Futterleguminosen unter Schnitt- und Weidenutzung

Jana Kleen, Martin Gierus & Friedhelm Taube

### Einleitung

Der Weißklee stellt, aufgrund seiner positiven Eigenschaften wie seine gute Weideverträglichkeit und seine hohe Nutzungselastizität die bedeutendste Leguminose der Weidewirtschaft dar. Allerdings verfügt er zudem über ein im Vergleich zu anderen Leguminosen geringes Ertragspotential unter Schnittnutzung und reagiert aufgrund seiner geringen Durchwurzelungstiefe empfindlich gegenüber länger anhaltenden Trockenperioden. Bisher liegen kaum Untersuchungen zu alternativen Futterleguminosen vor, die sowohl verschiedene Leguminosenarten als auch unterschiedliche Nutzungssysteme vergleichen. Das Ziel des Projektes besteht darin, potentielle alternative Futterleguminosen zum Weißklee bezüglich ihrer Ertragsbildung unter Weide- und Schnittsystemen zu untersuchen. In Abhängigkeit der Leguminosenart und des Nutzungssystems werden Unterschiede in der Ertragsbildung erwartet.

### Material und Methoden

Das Projekt wurde 2004 und 2005 auf dem Versuchsbetrieb „Lindhof“ der Universität Kiel durchgeführt. Die Versuchsanlage erfolgte als Spaltanlage in vollständig randomisiertem Blockdesign mit drei Wiederholungen, die Versuchsdurchführungen erfolgten jeweils im ersten Hauptnutzungsjahr der Bestände. Der Rotklee (*Trifolium repens* L., RK), Hornklee (*Lotus corniculatus* L., HO), eine Weideluzerne (*Medicago sativa* L., LA), jeweils im Gemenge mit Dt. Weidelgras (*Lolium perenne* L.), wurden unter folgenden Nutzungssystemen im Vergleich zum Weißklee betrachtet: Siloschnitt (Silo), Weide (W), simulierte Weide (SW). 2004 konnten 4 Siloschnitte und 5 Schnitte zur simulierten Weide sowie 5 Beweidungsdurchgänge durchgeführt werden. 2005 wurden 3 Siloschnitte durchgeführt und je 5 Nutzungen bei der simulierten Weide und der Weide. Die Schnittnutzungen erfolgten mit einer Schnitthöhe von 5 cm; die Beweidung erfolgte als Umtriebsweide mit einer Besatzstärke von 2 GV/ha.. Nach den Probennahmen wurden die Proben bei 60 °C getrocknet und anschließend mit einer Cyclotech-Mühle auf 1 mm vermahlen. Zu jedem Termin wurden der TS-Ertrag und die botanische Zusammensetzung der Bestände (Ertragsanteile der Leguminosen am Gesamtertrag) bestimmt. Zur Bestimmung der N-Erträge wurde der Stickstoffgehalt der Proben mittels des Elementaranalysator vario MAX CN bestimmt. Die varianzanalytische Auswertung der Daten erfolgte mittels SAS-Program (proc mixed). Die Mittelwerte wurden mit dem Student t-Test mit dem Weißklee verglichen und die Irrtumswahrscheinlichkeiten mittels Bonferroni-Holm-Test korrigiert.

### Ergebnisse und Diskussion

Bezüglich der TS-Jahreserträge ergab die varianzanalytische Verrechnung eine signifikante Wechselwirkung für System x Art. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tab. 1:** TS-Jahreserträge (g TS/m<sup>2</sup>/a) der verschiedenen Leguminosen im Gemenge mit Dt. Weidelgras in den verschiedenen Nutzungssystemen

Art/System	Silo	Sim. Weide	Weide
Weißklee	867,5 <sup>b</sup>	773,2 <sup>b</sup>	1115,1 <sup>a</sup>
Rotklee	963,9 <sup>a</sup>	729,6 <sup>b</sup>	905,1 <sup>*a</sup>
Luzerne	943,7 <sup>a</sup>	766,3 <sup>b</sup>	793,3 <sup>*b</sup>
Hornklee	791,9 <sup>b</sup>	568,1 <sup>*c</sup>	917,9 <sup>*a</sup>

SE=48,03  
<sup>\*</sup>signifikant ( $P<0,05$ ) unters. zum Weißklee innerhalb der Leguminosenarten  
<sup>a,b</sup>signifikante ( $P<0,05$ ) Unterschiede zw. den Systemen

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, konnten im Siloschnittsystem für keine der untersuchten Arten signifikante Unterschiede zum WK gefunden werden, während unter Weidenutzung alle Arten deutlich geringere Erträge im Vergleich zum WK bildeten. Bei einer Betrachtung der verschiedenen Systeme innerhalb der Leguminosen-art wiesen alle Arten unter der häufigen Schnitt-

nutzung der simulierten Weide die geringsten Erträge auf und die höchsten Erträge im Siloschnittsystem. Auch Schils et al. (1999) erzielten mit einer Erhöhung der Schnittfrequenz eine Verringerung der Erträge. Der WK bildete die höchsten Erträge unter der Beweidung, wobei mit 1115,1 g TS/m<sup>2</sup>/a ähnlich hohe Erträge erzielt werden konnten, wie von Williams et al. (2003) berichtet.

**Tab. 2:** N-Jahreserträge (g N/m<sup>2</sup>/a) der verschiedenen Leguminosen im Gemenge mit Dt. Weidelgras in den verschiedenen Nutzungssystemen

Art/Jahr	2004	2005
Weißklee	27,8 <sup>a</sup>	20,4 <sup>b</sup>
Rotklee	28,3 <sup>a</sup>	21,5 <sup>b</sup>
Luzerne	34,5 <sup>*a</sup>	21,0 <sup>b</sup>
Hornklee	25,1 <sup>a</sup>	9,2 <sup>*b</sup>

SE=1,50  
<sup>\*</sup>signifikant ( $P<0,05$ ) unters. zum Weißklee innerhalb der Leguminosenarten  
<sup>a,b</sup>signifikante ( $P<0,05$ ) Unterschiede zwischen den Systemen

Im Hinblick auf den N-Ertrag ergaben sich signifikante Wechselwirkungen für Jahr x Art. Die entsprechenden Daten sind in Tabelle 2 dargestellt. Im Jahre 2004 wies lediglich die Luzerne (34,5 g N/m<sup>2</sup>/a) deutlich höhere N-Erträge im Vergleich zum Weißklee (27,8 g N/m<sup>2</sup>/a) auf, während 2005 der Hornklee (9,2 g N/m<sup>2</sup>/a) als einzige Leguminose deutlich geringere N-Erträge bildete als der Weißklee. Diese Ergebnisse spiegeln die geringen Be-

standes- und Ertragsanteile des Hornklees am Gesamtertrag wieder, welcher sich mit einem entsprechend geringen Ertragsanteil von 72,7 g TS/m<sup>2</sup>/a deutlich vom Weißklee (315,9 g TS/m<sup>2</sup>/a) unterschied. Auch bei der Luzerne bilden die deutlich höheren N-Erträge die höheren Ertragsanteile (641,4 g TS/m<sup>2</sup>/a) am Gesamtertrag im Vergleich zum Weißklee (355,9 g TS/m<sup>2</sup>/a) ab.

Aufgrund der höheren Erträge des Weißklees unter der Weidenutzung im Vergleich zu den anderen Leguminosen, scheint keine Art eine potentielle Alternative zum Weißklee darzustellen, wengleich unter den reinen Schnittsystemen die hochwachsenden Arten (Luzerne, Rotklee) als Alternativen zum Weißklee angesehen werden können. Wegen seines geringen Ertragspotentials und seine damit verbundenen geringen N-Erträge über alle Nutzungssysteme ist der Hornklee im Vergleich zum Weißklee eher kritisch zu betrachten.

## Literatur

- Schils, R. L. M., Vellinga, T. V.; and Kraak, T.: Dry – matter yield and herbage quality of perennial ryegrass/white clover sward in a rotational grazing and cutting system. Grass and Forage Science, 54:19-29 (1999)
- Williams, T. A., Abberton, M. T., Rhodes, I.: Performance of white clover varieties combined in blend and alone when grown with perennial ryegrass under sheep and cattle grazing. Grass and Forage Science, 58, 90-93 (2003)

## Zur Prüfung der Schmackhaftigkeit von Hochzuckersorten des Deutschen Weidelgrases (*Lolium perenne* L.) mit Schafen

Eyad Alabsi & Renate Bockholt

### Einleitung

Es ist hinlänglich bekannt, dass die Futterakzeptanz ein sehr komplexes Merkmal darstellt, welches von vielen Faktoren beeinflusst wird. Auf die Palatabilität (Schmackhaftigkeit) als ein Maß der Futterakzeptanz bei freier Futterwahl des Weidetieres haben die Art der Futterpflanzen und deren Düngung einen wesentlichen Einfluss. Während über die Wirkungen von Variationen des Managements auf die Schmackhaftigkeit verschiedener Gräser häufig berichtet wird (Jones und Roberts 1991), ist von der Beziehung zwischen der Schmackhaftigkeit und der chemischen Zusammensetzung von Gräsern verhältnismäßig wenig bekannt. Mit Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) zeigten Kostuch und Lipinski (1982), dass der Zuckergehalt in einer engen Beziehung zur Futteraufnahme steht. Eine ähnliche Beobachtung wurde von Gotto et al. (1988) gemacht. Die Fragestellungen sind: 1. Bestehen sortenbedingte Unterschiede in den Zuckergehalten und in der Futterakzeptanz? 2. Gibt es Zusammenhänge zwischen den Zuckergehalten und der Futterakzeptanz? 3. Wie stellen sich Erträge und Qualitäten der unterschiedlichen Aufwüchse unter Beweidung dar?

### Material und Methoden

Zur Prüfung der Schmackhaftigkeit von Hochzuckersorten wurde im August 2004 ein Weideversuch an der Versuchstation Universität Rostock angelegt, bei dem 12 Sorten von Gräsern in voneinander durch Linien getrennten Streifen gleichzeitig zur Beweidung angeboten werden. Es handelt sich um bisher 1 jährige Ergebnisse von Mineralbodenackerland aus 3 ungedüngten Weideaufwüchsen des Jahres 2005, die beprobt, analysiert und jeweils im Block beweidet wurden. Die Beliebtheit wurde durch Auszählen der auf den jeweiligen Parzellen weidenden Schafe und ergänzend dazu durch Höhenmessungen der Weidenarbe festgestellt.

### Ergebnisse und Diskussion

Der Zuckergehalt veränderte sich im Vegetationsverlauf erheblich.

Den höchsten Zuckergehalt wiesen WW 'Gisel' mit 20,39 % und DW 'Fennema' mit 17,21% auf. Zwischen anderen Sorten des Deutschen Weidelgrases traten keine signifikanten Differenzen auf. Die Rohfasergehalte (Rfa) lagen zwischen 20,8 und 23,7 % und unter den Sorten traten keine signifikanten Differenzen auf. Die höchsten jährlichen Trockenmasseerträge hatten mit 83 dt/ha DW 'Aberdort' und 75 dt/ha DW 'Mongita' aufzuweisen. Aber DW 'Mix tetraRevital' mit 43 dt/ha und DW 'SLM 22123' mit 46,37 dt/ha erbrachten die geringsten Trockenmasseerträge (Tab.1.2).

In Beziehungsgleichungen wurde nachgewiesen, dass die Schafe nach dem Zuckergehalt selektieren. Jedoch hatten die so genannten Hochzuckersorten Aberdort, Aberstar und Aberavon weder die höchsten Zuckergehalte, noch wurden sie bevorzugt aufgenommen. Stattdessen entschieden sich die Schafe für eine sehr zuckerreiche tetraploide Sorte des Welschen Weidelgrases ``Gisel`` und eine andere sehr zuckerreiche Sorte des Deutschen Weidelgrases ``Fennema``, die nach dem

Zuckergehalt gleichfalls Rang 1 und 2 einnahmen. Zwischen allen anderen Sorten des Deutschen Weidelgrases traten keine signifikanten Differenzen auf.

Tab.1: Mittelwerte für ausgewählte Prüfmerkmale

Sorte	XF % in TS	XP-Ertrag dt/ha*Jahr	TM-Ertrag dt/ha	GM-Ertrag dt/ha	Akzeptanz % der Schafe	XZ atro %	XA
DW 'Fennema'	20,8	5,22	62,56	321,32	10,40	17,21	8,22
DW 'Mongita'	21,34	5,84	75,44	397,09	7,18	13,86	8,84
DW 'Moronda'	21,39	6,19	65,03	315,08	7,76	14,13	9,50
DW 'Aberstar'	21,43	5,25	52,47	275,32	8,38	17,14	7,89
DW 'Aberdort'	21,58	6,59	82,96	425,07	6,86	16,04	9,40
DW 'Aberavon'	21,94	5,66	70,23	359,76	4,85	17,27	8,08
DW 'Mix tetra Tetrasil'	22,28	4,39	61,11	356,18	8,48	16,68	8,13
DW 'SLM 22123'	22,68	5,36	46,37	211,69	5,07	15,72	8,61
DW 'Mix tetraRevital'	23,17	6,36	43,46	215,11	6,60	15,36	8,25
Knaulgras`Weidac`	23,66	5,76	50,91	250,23	6,63	9,09	9,06
WW'Gisel'	23,7	5,71	48,17	241,66	18,86	20,39	9,34

Tab.2: Ergebnisse der Varianzanalyse für ausgewählte Prüfmerkmale

Faktor	Sorten		
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Prüfmerkmale			
Schafe / Akzeptanz	***	***	***
Zuckergehalt %	***	*	*
Rohproteingehalt	n.s.	n.s.	n.s.
Rohproteinertrag dt/ha	n.s.	n.s.	n.s.
Rohfaser % in TS	n.s.	**	n.s.
Rohasche % in TS	n.s.	n.s.	n.s.
TS %	n.s.	n.s.	n.s.

$\alpha=0,05$ ; n.s.=nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ; \*\*\*,  $p < 0,001$

### Zusammenfassung und Schlussfolgerung

- 1- Der Faktor Grasart/-sorte beeinflusste die Prüfmerkmale Futterakzeptanz sowie den Zuckergehalt nachweislich.
- 2- Beide Merkmale können nicht unabhängig vom Aufwuchs interpretiert werden (Interaktion Sorte x Aufwuchs).
- 3- Das Welsche Weidelgras wurde bevorzugt aufgenommen und wies die höchsten Zuckergehalte auf. Dennoch konnte die hohe Futterakzeptanz dieser Art nur unzureichend mit der Höhe des Zuckergehaltes erklärt werden.
- 4- Innerhalb der Prüfglieder des Deutschen Weidelgrases waren die Unterschiede im Zuckergehalt und in der Futterakzeptanz gering.
- 5- Die tetraploiden Dt. Weidelgräser zeigten erst im dritten Aufwuchs eine erhöhte Futterakzeptanz, was auf die geringe Rostanfälligkeit zurück zu führen sein dürfte.

### Literatur

- Jones, E.L.; Roberts, J.E. 1991: A Note on the Relationship between Palatability and Water-Soluble Carbohydrates Content in Perennial Ryegrass. Irish Journal of Agricultural Research 30:163-167.
- Gotto, M., Simada, E. und Sugawara, K. 1988: The relation between palatability and chemical composition of herbage cultivated in the shady condition. Bulletin of the Faculty of Agriculture Mie University No. 72, pages 81-85.
- Kostuch, R. und Lipinski, J. 1982: A relationship between palatability and sugar and nutritive components content in some cultivars and strains of grasses. No.135, Supplement 1, pages 68-78.

## Beisat von Zwischenfrüchten zur Reduzierung der N-Auswaschung und zur Steigerung der Ertragsleistung von Winterweizen

Inken Mauscherling, Ralf Loges & Friedhelm Taube

### Einleitung

Im Ökologischen Landbau kann es durch die schwer steuerbare Stickstofffreisetzung aus eingearbeiteten Wirtschaftsdüngern und Ernterückständen zu hohen Nitratausträgen mit dem Sickerwasser kommen (Loges & Heuwinkel, 2004). Dies ist insbesondere nach N-intensiven Vorfrüchten und in Wintergetreide ein Problem (Dreymann et al., 2003). Zwischenfrüchte bieten eine effektive Möglichkeit Stickstoff vorübergehend zu binden. In Regionen mit einer späten Vorfrüchtermte ist ein Zwischenfruchtanbau vor Winterungen zeitlich häufig nicht mehr möglich. Aus diesem Grund wird häufig Sommergetreide, das auf eine Winterzwischenfrucht folgt bevorzugt. In dieser Studie werden neben dem klassischen Zwischenfruchtanbau vor Sommerungen auch Zwischenfrüchte als Beisaaten zu Winterungen als Möglichkeit zur Verbesserung des N-Managements getestet.

### Material und Methoden

In einem 2jährigen Feldversuch am Versuchsstandort Lindhof bei Kiel (Bodenart ISsL, 40-45 Bodenpunkte, mittlerer Jahresniederschlag 774 mm, Jahresmitteltemperatur 8,7 °C) wurde der gemeinsame Anbau von Zwischenfrüchten und Winterweizen als Alternative zum herkömmlichen Verfahren des Zwischenfruchtanbaus vor Sommerweizen untersucht. Die geprüften Faktoren und Faktorstufen sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tab. 1:** Versuchsfaktoren des Feldversuches (2004-2005)

Faktor	Faktorstufen
1. Vorfrucht	1.1 Drei mal gemulchtes Klee gras 1.2 Hafer
2. Hauptfrucht	2.1 Winterweizen mit Zwischenfrucht Beisat 2.2 Sommerweizen nach Zwischenfrucht
3. Zwischenfrucht	3.1 Sommerwicke 3.2 Winterfutterraps 3.3 Hafer 3.4 Kontrolle ohne Zwischenfrucht
4. Sickerwasserperiode	4.1 19.11.2003-18.3.2004 (226 mm Sickerwasser) 4.2 24.11.2004-30.3.2005 (191 mm Sickerwasser)

Die Zwischenfrüchte wurden Mitte August vor der Sommerung nach einer Stoppelbearbeitung mit 12 cm Reihenabstand und in den späteren Winterweizenparzellen nach einer Pflugfurche mit einem Reihenabstand von 36 cm gesät. Die Aussaat des Winterweizens erfolgte ca. 5 Wochen später zwischen die Zwischenfruchtzeilen. Die über Winter nicht abgestorbenen Zwischenfrüchte wurden zwischen dem Winterweizen mit einer Reihenfräse im April eingearbeitet. Vor der Aussaat des Sommerweizens erfolgte eine Pflugfurche. Die Nitrat-Austräge wurden innerhalb der Sickerwasserperiode mittels keramischer Saugkerzen gestützt auf die klimatische Wasserbilanz ermittelt.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Variante Winterweizen ohne eine Zwischenfrucht nach der Vorfrucht Klee gras zeigte mit  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  die höchste Nitrat-Auswaschung über Winter. Im Gegensatz zu dieser N-intensiven Vorfrucht wurden im Winterweizen nach Hafer deutlich geringere N-Austräge gemessen. Alle Zwischenfrüchte konnten verglichen mit der Kontrollvariante die Nitratauswaschung verringern. Dabei waren allerdings der Winterfutterraps und Hafer effektiver als die Sommerwicke. In allen im Frühjahr gepflügten Varianten wurden deutlich geringere N-Austräge im Vergleich zur Winterweizen Kontrollvariante ermittelt. Die Zwischenfrüchte vor Sommerweizen konnten die Auswaschung nicht weiter vermindern, was mit der dichten Unkrautdecke auf den Varianten ohne eine Zwischenfrucht zu erklären ist. Der Sommerweizen erreichte einen Durchschnittsertrag von  $35 \text{ dt ha}^{-1}$ . Insbesondere der Winterweizen, der zusammen mit den Zwischenfrüchten angebaut wurde litt unter deren Konkurrenz und konnte die Ertrags Erwartungen nicht erfüllen. Nur der Winterweizen in Reinsaat nach der N-intensiven Vorfrucht erreichte annähernd den Sommerweizenertrag. Neben der Konkurrenz, ist als ein weiterer Grund für die geringen Erträge der frühe Pflugtermin der Winterweizenvarianten zu nennen. Der Rohproteingehalt des Winterweizens war, durch den niedrigen Ertrag bedingt, höher als im Sommerweizen und verspricht eine gute Backfähigkeit.

**Tab. 1:** Bedeutung der Hauptfaktoren für die Untersuchungsparameter (2004-2005)

Faktorstufen			Parameter			
Vorfrucht	Hauptfrucht	Zwischenfrucht	N-Fracht [kg ha <sup>-1</sup> ]	Ertrag [dt ha <sup>-1</sup> ]	Rp- Gehalt [%]	TKM [g]
Klee gras	Winterweizen	keine	140.10 <sup>a</sup>	34.4 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	42.2 <sup>a</sup>
Klee gras	Winterweizen	Sommerwicke	85.51 <sup>b</sup>	16.1 <sup>b</sup>	15.0 <sup>a</sup>	46.9 <sup>a</sup>
Klee gras	Winterweizen	Winterfutterraps	71.90 <sup>bc</sup>	19.1 <sup>b</sup>	14.5 <sup>a</sup>	47.0 <sup>a</sup>
Klee gras	Winterweizen	Hafer	59.13 <sup>cd</sup>	18.1 <sup>b</sup>	15.3 <sup>a</sup>	47.1 <sup>a</sup>
Klee gras	Sommerweizen	keine	51.41 <sup>cde</sup>	36.5 <sup>a</sup>	12.7 <sup>ab</sup>	45.4 <sup>abc</sup>
Klee gras	Sommerweizen	Sommerwicke	49.31 <sup>cdef</sup>	38.0 <sup>a</sup>	13.0 <sup>ab</sup>	45.7 <sup>abc</sup>
Klee gras	Sommerweizen	Winterfutterraps	40.42 <sup>defg</sup>	39.6 <sup>a</sup>	13.3 <sup>ab</sup>	44.7 <sup>bc</sup>
Klee gras	Sommerweizen	Hafer	42.68 <sup>defg</sup>	37.3 <sup>a</sup>	13.0 <sup>ab</sup>	45.1 <sup>abc</sup>
Hafer	Winterweizen	keine	51.43 <sup>cde</sup>	11.9 <sup>b</sup>	12.8 <sup>ab</sup>	44.7 <sup>bc</sup>
Hafer	Winterweizen	Sommerwicke	28.08 <sup>efg</sup>	11.0 <sup>b</sup>	14.8 <sup>a</sup>	43.0 <sup>bc</sup>
Hafer	Winterweizen	Winterfutterraps	18.75 <sup>g</sup>	10.9 <sup>b</sup>	14.8 <sup>a</sup>	42.6 <sup>bc</sup>
Hafer	Winterweizen	Hafer	14.97 <sup>g</sup>	6.6 <sup>b</sup>	14.0 <sup>ab</sup>	43.8 <sup>bc</sup>
Hafer	Sommerweizen	keine	25.54 <sup>efg</sup>	30.5 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	43.5 <sup>bc</sup>
Hafer	Sommerweizen	Sommerwicke	31.49 <sup>defg</sup>	32.7 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	42.1 <sup>c</sup>
Hafer	Sommerweizen	Winterfutterraps	20.54 <sup>fg</sup>	34.6 <sup>a</sup>	11.7 <sup>b</sup>	44.8 <sup>bc</sup>
Hafer	Sommerweizen	Hafer	17.71 <sup>g</sup>	32.4 <sup>a</sup>	11.8 <sup>b</sup>	44.3 <sup>bc</sup>

## Literatur

Loges R, Heuwinkel H (2004) Mulchen oder Schnittnutzung von Klee gras – Auswirkung der Bewirtschaftung von Klee grasbeständen auf den N-Haushalt von Fruchtfolgen. In Schmidt H. (Hrsg.) Viehloser Öko-Ackerbau – Beiträge, Beispiele, Kommentare. Verlag: Professur für Organischen Landbau Justus-Liebig-Universität Gießen.

Dreymann, S (2005) N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Diss. Universität Kiel.



## Vergleich der Vorfruchtwirkung hinsichtlich der N-Nachlieferung verschiedener Winter- und Sommererbsengenotypen

Peer Urbatzka, Rüdiger Graß & Christian Schüler

### Einleitung

Die Wintererbse ist eine alte Kulturpflanze, die in Deutschland wegen steigenden Sojaimports und des vermehrten Einsatzes von Mineraldünger in den letzten Jahrzehnten kaum noch genutzt wurde. Dabei bietet der Anbau von normalblättrigen winterharten Wuchstypen im Vergleich zu Sommererbsen Vorteile wie beispielsweise eine Bodenbedeckung über Winter mit Erosionsschutz, eine effektive Beikrautregulierung (Graß 2003) sowie eine hohe N-Fixierleistung (Karpenstein-Machan und Stülpnagel 2000). Moderne Sorten aus Frankreich, wo ca. 17.000 ha Wintererbsen angebaut werden, besitzen unter den Anbaubedingungen Deutschlands im Gegensatz zu den alten normalblättrigen Wintererbsensorten- und -herkünften nur eine ungenügende Winterhärte (Urbatzka et al. 2005).

### Material und Methoden

Die Vorfruchtwirkung verschiedener Erbsengenotypen wurde 2003/2004 und 2004/2005 auf dem Versuchsstandort der Universität Kassel, Domäne Frankenhäuser (DFH; Parabraunerde, 80 BP) untersucht. Dafür wurden vier normalblättrige Herkünfte von Wintererbsen aus der Genbank Gatersleben (Convarietät *speciosum*; *Griechenland*, *Nischkes Riesengebirgs*, *Unrra* und *Württembergische*) mit einer semi-leafless (cv. *Spirit* (2004) bzw. *Cheyenne* (2005)) und einer normalblättrigen EU-Sorte (cv. *EFB 33*) sowie einer semi-leafless Sommererbse (cv. *Santana*) verglichen. Die Erbsen wurden in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide (Roggen cv. *Danko*; Sommerhafer cv. *Aragon* (2004) bzw. Sommergerste cv. *Ria* (2005)) angebaut. Das substitutive Gemenge bestand aus jeweils 50 % der Reinsaatstärken (=80 kf. Körner m<sup>-2</sup> bei den Erbsen und 300 kf. Körner m<sup>-2</sup> beim Getreide). Als Anlage wurde ein lateinisches Rechteck bzw. eine Spaltanlage gewählt (n=4).

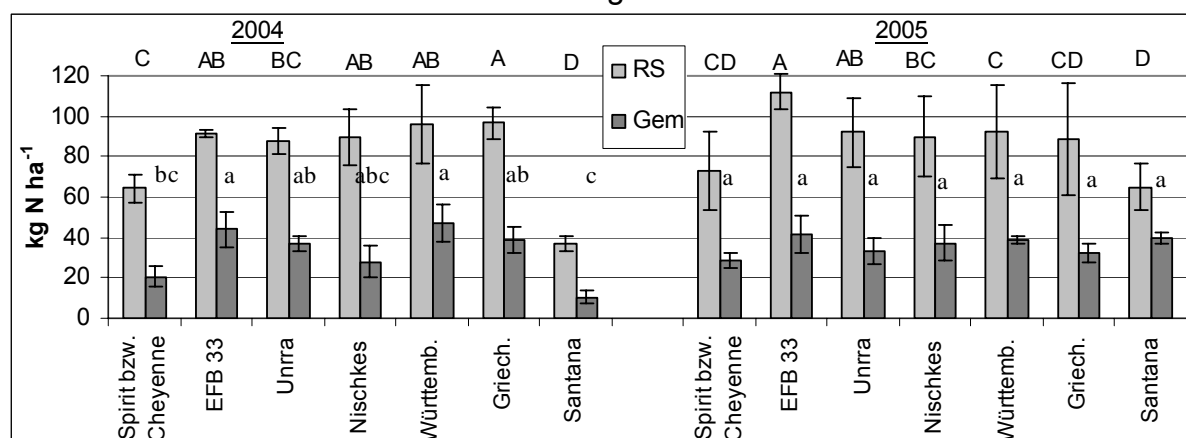
Nach dem Korndrusch wurde das Stroh mit einem Schwader entfernt, gepflügt und am 20.8.2004 bzw. am 5.8.2005 eine Zwischenfrucht gesät (Senf-Ölrettich-Gemenge cv. *Dacapo* – *Litember* bzw. Senf cv. *Litember*), die am 13.10.2004 bzw. am 12.10.2005 als Ganzpflanze auf einer Fläche von 7 m<sup>2</sup> geerntet wurde. Die Stickstoffanalyse des Ernteguts wurde mit einem N-Analysator durchgeführt (Fa. elemental, makro-N, Methode nach *Dumas*). Zusätzlich wurden zu den Ernteterminen Bodenproben bis 90 cm Tiefe zur Bestimmung der Vorräte an mineralischem Stickstoff gezogen.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Kornerträge der normalblättrigen Erbsen im Gemenge lagen in beiden Jahren mit 30 – 40 dt ha<sup>-1</sup> höher als in Reinsaat mit 10 bis über 20 dt ha<sup>-1</sup>. Grund hierfür sind die besseren Wachstumsbedingungen im Gemenge, da in Reinsaat die Erbsen ab dem Blühende komplett lagerten. Dazu wurde in den Gemengen ein Roggenertrag von 15 – 30 dt ha<sup>-1</sup> festgestellt, so dass die Gesamterträge mit 50 – 70 dt ha<sup>-1</sup> bestimmt wurden. Die Erträge der Sommererbse fielen im Jahr 2004 mit 18 dt ha<sup>-1</sup> geringer als im Jahr 2005 mit 34 dt ha<sup>-1</sup> aus, weil trotz manueller Beikrautbekämpfung eine starke

Spätverunkrautung im 1. Versuchsjahr auftrat. Die Qualitäten der normalblättrigen Wintererbsen und der Sommererbse sind vergleichbar.

Die höchsten Stickstoffträge im oberirdischen Aufwuchs der Zwischenfrucht wurden in beiden Jahren mit ca. 90 kg ha<sup>-1</sup> nach den normalblättrigen Erbsen in Reinsaat festgestellt (Abb. 1). Nach den Gemengen betrug die Stickstoffmenge im Aufwuchs etwa 40 kg ha<sup>-1</sup>. Nach der Sommererbse in Reinsaat wurden im Jahr 2004 ebenfalls 40 kg N ha<sup>-1</sup> in der Zwischenfrucht bestimmt, während im Sommer 2005 die Stickstoffmenge mit 65 kg ha<sup>-1</sup> deutlich höher ausfiel. Dies ist vermutlich mit einer höheren Spätverunkrautung in 2004 zu begründen. Insgesamt sind die unterschiedlichen Stickstoffmengen in der Nachfrucht v.a. auf die unterschiedliche Höhe des mineralischen Stickstoffs im Boden zum Zeitpunkt des Korndrusches zurückzuführen (Tab.1). Dies ist vermutlich in der größeren Wurzelmasse der normalblättrigen Wintererbsen entsprechend dem höheren oberirdischen Aufwuchs begründet. Zur Ernte der Zwischenfrucht im Oktober lagen die N<sub>min</sub>-Gehalte im Boden in beiden Jahren bei allen Varianten bis ca. 30 kg ha<sup>-1</sup>.



**Abb. 1:** Stickstoffmengen in der Zwischenfrucht (p=0,05; WW Gem\*Sorte, Sorte\*Jahr)

**Tab. 1:** N<sub>min</sub>-Gehalte im Boden bis 90 cm Tiefe und Gesamt-N, Mittel 2004+2005

Variante	Korndrusch (kg ha <sup>-1</sup> )	ZF-Ernte (kg ha <sup>-1</sup> )	Gesamt-N zur ZF-Ernte (kg ha <sup>-1</sup> )
Spirit bzw. Cheyenne Reinsaat	22	19	88
Spirit bzw. Cheyenne Gemenge	15	24	49
normalblättrige Erbsen Reinsaat	78	23	117
normalblättrige Erbsen Gemenge	23	21	59
Santana Reinsaat	33	19	70
Santana Gemenge	17	19	44

### Fazit

Der Vorfruchtwert hinsichtlich der N-Nachlieferung der normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat war in beiden geprüften Jahren deutlich höher als der der Sommererbse.

### Literatur

- Graß, R. 2003: Direkt- und Spätsaat von Silomais - Ein neues Anbausystem zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge. Dissertation Universität Kassel – Witzenhausen. Cuvillier-Verlag, Göttingen
- Karpenstein-Machan, M. und R. Stülpnagel 2000: Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. Plant and Soil 218, S. 215 - 232
- Urbatzka, P.; R. Graß und C. Schüler 2005: Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für den Ökologischen Landbau am Beispiel von Wintererbsen. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, J. Heß und G. Rahmann (Hrsg.). kassel university press GmbH, S. 59 - 60

## Wirkung des Gemengeanbaus mit Winterkörnerleguminosen auf Kornertrag und Kornqualität von Winterweizen

Claudia Hof, Christoph Hochmuth<sup>1</sup>, Knut Schmidtke<sup>1</sup> & Rolf Rauber

### Einleitung

In viehlos wirtschaftenden Betrieben des ökologischen Landbaus ist es derzeit immer noch schwierig Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) mit sehr guten Backqualitäten zu erzeugen. Um dem Anspruch an die Qualität des Korngutes bei Winterweizen im ökologischen Landbau (z. B. > 11 % Rohproteingehalt, > 25 % Feuchtklebergehalt) gerecht zu werden, muss in der Kornfüllungsphase ausreichend Stickstoff zur Verfügung stehen. Ergebnisse aus Feldversuchen lassen erkennen, dass in Gemengen aus Körnerleguminosen und Getreide ein deutlich höherer Kornproteingehalt des Getreides aus Gemengebau gegenüber dem Anbau in Reinsaat zu finden ist (Schmidtke et al. 2004).

### Material und Methoden

In zweijährigen Feldversuchen (2004/2005) an zwei Standorten in Niedersachsen (Reinshof REI, tiefgründiger Auenlehm und Stöckendrebber STÖ, schluffiger Sand) wurde der Einfluss der Standraumzuteilung im Gemenge (mixed intercropping, row intercropping und row-strip-intercropping) sowie der Körnerleguminosenart (*Vicia faba* L., Sorte Hiverna und *Pisum sativum* L., Sorte Cheyenne) auf den Kornertrag und die Kornqualität des Winterweizens (Sorte Bussard) untersucht. Die Feldversuche (4 Wdh., vollständig randomisierte Blockanlage) beinhalteten Reinsaaten des Weizens mit 100 % (300 Körner/m<sup>2</sup>) und 20 % (60 K/m<sup>2</sup>) Saatstärke und Reinsaaten der Körnerleguminosen mit 100 % Saatstärke (Ackerbohne 30 K/m<sup>2</sup>, Erbse 80 K/m<sup>2</sup>) sowie die substitutiven Gemenge (80 % Leguminose : 20 % Weizen) mit Reihenweiten für den Weizen von 15, 30 sowie 75 cm Reihenabstand in den Reinsaaten und Gemengen. Die Qualitätsuntersuchungen der Weizenvollkornmehle wurden nach dem Standard der International Association for Cereal Science and Technology (ICC) durchgeführt (Feuchtglutengehalt ICC-Standard No. 106/2, SDS-Sedimentationswert ICC-Standard No. 151). Der Mikro-Rapid-Mix-Test erfolgte nach Kieffer et al. (1993).

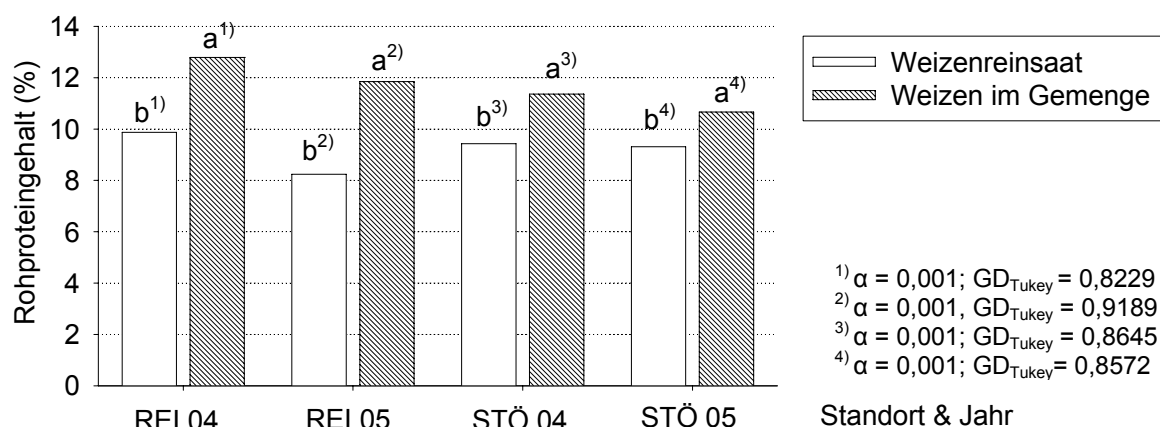
### Ergebnisse und Diskussion

Am Standort STÖ war die Erbse eher der stärkere Konkurrent für den Weizen, der in diesen Gemengen im Mittel 12,8 (2004) und 10,0 % Rohprotein (2005) erzielte. Die starke Konkurrenz der Ackerbohne führte am Standort REI zu zum Teil sehr niedrigen Kornerträgen des Weizens im Gemenge mit im Mittel 13,6 dt TM/ha (2004) und 8,4 dt TM/ha (2005), während im Gemenge mit der Erbse ausreichend hohe Kornerträge des Weizens erzielt wurden (2004: 24,2 dt TM/ha, 2005: 30,7 dt TM/ha). Am Standort STÖ lagen die Erträge insgesamt niedriger. Es zeigten sich keine Unterschiede im Kornertrag des Weizens zwischen dem Gemenge mit der Ackerbohne oder der Erbse.

---

Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

<sup>1</sup> Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Fachbereich Landbau/Landespflege, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden



**Abb. 1:** Rohprotein des Weizens im Mittel der unterschiedlichen Rein- und Gemengesaaten an den Standorten STÖ & REI in den Jahren 2004 & 2005

An beiden Standorten und in beiden Jahren wurden im Mittel signifikant höhere Qualitäten des Weizens im Gemenge im Vergleich zur Reinsaat festgestellt (Abb. 1, Tab. 1). Insbesondere bei hoher Konkurrenz z.B. durch die Ackerbohne am Standort REI erreichte der Weizen sehr hohe Proteingehalte im Korn (2004 im Mittel 14,1 %, 2005 im Mittel 15,3 % Rohprotein). Im Mittel über die Reihenweiten ergab sich in der Regel eine signifikant höhere Qualität bei 30 und 75 cm Reihenabstand im Vergleich zur Normsaat bei 15 cm Reihenabstand. Mit Ausnahme des Standortes STÖ im Jahr 2004 erzielte der Weizen im Gemenge mit der Ackerbohne stets signifikant höhere Werte in den genannten Qualitätsparametern als im Gemenge mit der Erbse.

**Tab.: 1:** Qualitätsparameter des Weizens im Mittel der Rein- und Gemengesaaten an den Standorten STÖ & REI 2004 & 2005

	Feuchtglutengehalt %		SDS-Sedimentationswert ml		Backvolumen im MRMT ml/100g Mehl	
	Reinsaat	Gemenge	Reinsaat	Gemenge	Reinsaat	Gemenge
REI 04	24,8 b <sup>***1</sup> )	33,8 a <sup>***</sup>	67,9 b <sup>***</sup>	78,5 a <sup>***</sup>	280 b <sup>***</sup>	303 a <sup>***</sup>
REI 05	16,4 b <sup>***</sup>	26,5 a <sup>***</sup>	58,1 b <sup>***</sup>	75,5 a <sup>***</sup>	256 b <sup>***</sup>	275 a <sup>***</sup>
STÖ 04	21,6 b <sup>***</sup>	29,1 a <sup>***</sup>	55,3 b <sup>***</sup>	59,7 a <sup>***</sup>	263 b <sup>**</sup>	279 a <sup>**</sup>
STÖ05	- <sup>2)</sup>	-	69,4 b <sup>***</sup>	79,0 a <sup>***</sup>	268 b <sup>**</sup>	286 a <sup>**</sup>

<sup>1</sup>) verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb des Standortes und Jahres der jeweiligen Parameter, Tukey-Test <sup>2</sup>) noch nicht ermittelt

Zur Erklärung der Qualitätsunterschiede des Weizens wurde die Änderung des  $N_{min}$ -Vorrates im Boden in Zeit (3 Termine) und Raum (4 Tiefenstufen, auf bzw. zwischen den Saatreihen) erfasst. Es zeigte sich, dass der Weizen in den Reinsaaten den Vorrat an mineralischem Stickstoff im Boden bis zur Blüte ausgeschöpft hatte. Im Gemenge kam es offenbar durch die Konkurrenz der Körnerleguminose zu einer Verzögerung der  $N_{min}$ -Aufnahme insbesondere aus dem Unterboden. So war vor allem bei den row-strip-intercrop-Varianten noch Stickstoff im Reihenzwischenraum in tieferen Bodenschichten für die Kornfüllungsphase des Weizens vorhanden.

### Literatur

- Schmidtke, K.; A. Neumann, C. Hof und R. Rauber 2004: Soil and atmospheric nitrogen uptake of lentil (*Lens culinaris* Medik.) and barley (*Hordeum vulgare* ssp. *nudum* L.) as monocrops and in mixed stands. *Field Crops Research* 87: 245-256.
- Kieffer, R., H.-D. Belitz, M. Zweier, R. Ipfelkopf und G. Fischbeck 1993: Der Rapid-Mix-Test als 10-g-Mikrobackversuch. *Z Lebensm Unters Forsch* 197: 134-136.

## **Einfluss des Pflanzenbaus auf die Produktökobilanz „Brot“ – am Beispiel der Hopffisterei –**

Werner Prem<sup>1</sup>, Michael Lörcher<sup>2</sup>, Hugo Manhart<sup>3</sup> & Kurt-Jürgen Hülsbergen<sup>1</sup>

### **Einleitung**

In einem interdisziplinären Projekt<sup>1</sup> der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG), der Technischen Universität München und der Martin-Luther-Universität Halle wird auf der Grundlage des Modells REPRO ein integriertes Umwelt- und Qualitätsmanagementsystem entwickelt. Es beinhaltet 30 ökologische, ökonomische und soziale Indikatoren zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktion. Das neue System wird deutschlandweit in 90 Betrieben am Beispiel der Wertschöpfungskette „Brot“ erprobt.

In Bayern erfolgt die Praxiserprobung am Beispiel der Münchner Hopffisterei, der größten deutschen Ökobäckerei mit eigener Mühle. Einbezogen sind 30 landwirtschaftliche Zulieferbetriebe der Meyermühle Landshut bzw. der Hopffisterei (Abb. 1). Für die Hopffisterei wurde 1996 erstmals eine Produktökobilanz „Brot“ (Lörcher & Salzgeber 1996) erstellt; die jetzt erfassten Daten werden für deren Aktualisierung genutzt. Die Ökobilanz ist im Rahmen eines Umweltmanagements ein wichtiges Hilfsmittel, um die Umweltwirkungen und damit die Schwachstellen einer Produktion zu ermitteln. Aus diesem Grund wird ein Ansatz zur Ökobilanzierung in das Modell REPRO aufgenommen.

### **Untersuchungsrahmen**

Die 30 Testbetriebe liegen in den Haupteinzugsgebieten der Meyermühle, den Landkreisen Landshut, Landsberg am Lech und Schweinfurt. Da die Meyermühle zu etwa 30 % konventionell produziertes Getreide verarbeitet, sind auch die Erzeugerbetriebe anteilig einbezogen. Die Betriebsgröße beträgt regionstypisch 20 bis 240 ha. Bei der Betriebsauswahl wurden die verschiedenen Betriebsformen Marktfrucht-, Veredelungs- und Futterbaubetriebe berücksichtigt. Durch diese Differenzierung ist es möglich, Einflüsse von Standort und Bewirtschaftung (Betriebsstruktur, Anbauintensität und Verfahren im Getreidebau, Transportentfernung) auf die Ökobilanz zu untersuchen.

### **Modellansatz und Anwendung**

In einer Ökobilanz nach DIN 14040 werden Umweltwirkungen eines Produktes möglichst vollständig erfasst und bewertet. Einbezogen werden Eutrophierungs-, Treibhaus-, Versauerungs- und Ozonbildungspotenziale sowie die Human- und Ökotoxizität. Die Ökobilanz wurde ursprünglich für industrielle Produkte entwickelt; für Anwendungen in der Landwirtschaft sind methodische Anpassungen notwendig. Es sind weitere relevante Umweltbereiche wie Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Biodiversität und Landschaftsästhetik einzubeziehen (Nemecek et al. 2005). Die verwendeten Methoden müssen ausreichend sensitiv sein, um Managementeinflüsse, biologische und technische Prozesse abbilden zu können. Einfache Input-Output-Rechnungen und Emissionsschätzungen werden diesem Anspruch nicht gerecht.

---

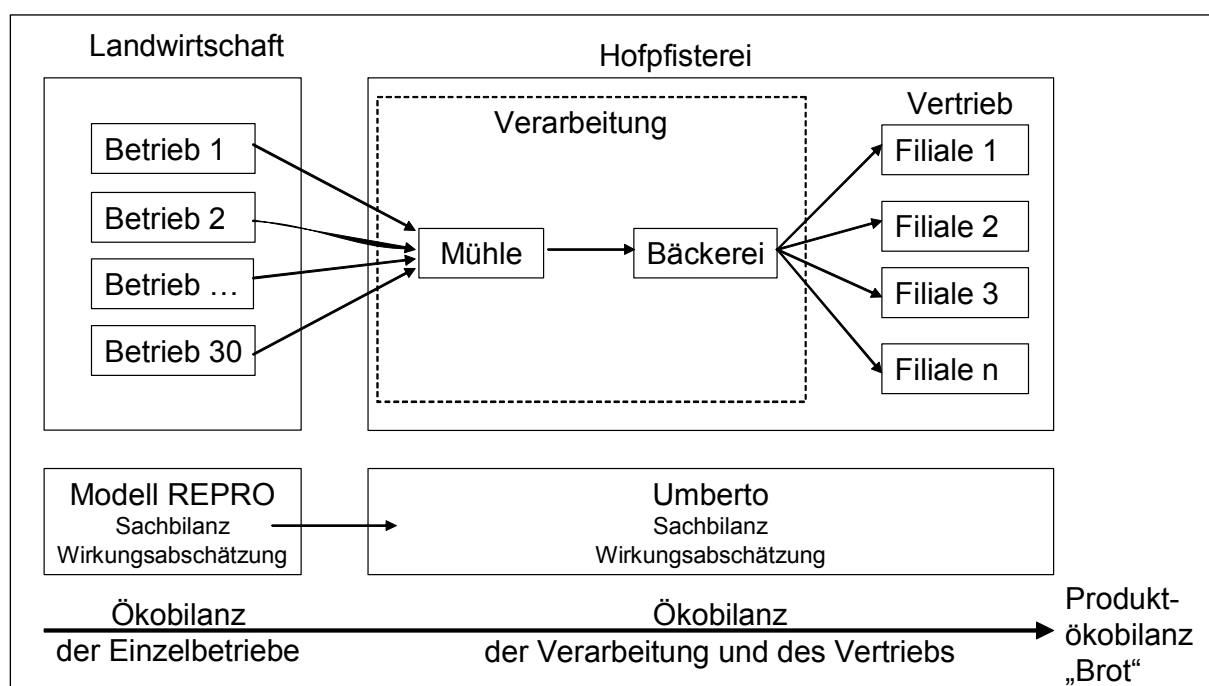
<sup>1</sup> Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising

<sup>2</sup> AkkU Umweltberatung GmbH, Ickstattstraße 26, 80469 München

<sup>3</sup> Ludwig Stocker Hopffisterei GmbH, Kreittmayrstraße 5, 80335 München

\* gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)

Die Kopplung landwirtschaftlicher Managementsysteme (REPRO) mit leistungsfähigen Tools zur Stoffstromanalyse (UMBERTO, Abb. 1) kann die Aussagekraft von Produktökobilanzen verbessern. Die verwendeten Algorithmen zur Abschätzung der Umwelteffekte (Erosion, Bodenschadverdichtung, Humusversorgung, Nitrataustrag, Biodiversität, Emission klimarelevanter Gase u.a.) entsprechen den Sachbilanzen im Verfahren der Ökobilanzierung (Hülsbergen 2003). Bisher fehlte in REPRO die Wirkungsabschätzung, das heißt die Transformation und Zusammenfassung dieser Werte in die Kategorien Eutrophierungs-, Treibhaus-, Versauerungs- und Ozonbildungspotenzial, Human- und Öko-Toxizität. Durch die Integration der Wirkungsabschätzung können mit REPRO Betriebs-Ökobilanzen berechnet werden.



**Abb. 3:** Glieder und Ablauf der Produktökobilanz "Brot"

Für die Produktökobilanz der Hopffisterei müssen die Ergebnisse der landwirtschaftlichen Betriebe an das Ökobilanzierungs- und Stoffstromanalyse-Tool „Umberto“ übergeben werden, das für die Ökobilanzierung von der Mühle bis zum Verkaufsladen eingesetzt wird. Die Sachbilanzdaten, die für die Umweltauswirkungen über die gesamte Wertschöpfungskette relevant sind, werden dazu von REPRO an UMBERTO übergeben. Ergänzend werden die Abschätzungen für bisher unberücksichtigte Umweltwirkungen, wie z.B. Biodiversität in REPRO erstellt.

Mit dem beschriebenen Ansatz soll eine neue Qualität der Produktökobilanz erreicht werden. Vor allem geht es darum, engere landwirtschaftliche Bezüge herzustellen und herauszuarbeiten, welche Relevanz einzelne Managementmaßnahmen im Pflanzenbau für die gesamte Produktökobilanz besitzen.

## Literatur

- Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker, Aachen.
- Lörcher, M. & C. Salzgeber (1996): Produkt-Ökobilanz des Pfister-Öko-Brottes. Hopffisterei, München.
- Nemecek, T., O. Huguenin-Elie, D. Dubois & G. Gaillard (2005): Ökobilanzierung von Anbausystemen im schweizerischen Acker- und Futterbau. Schriftenreihe der FAL Reckenholz 58.

## Verwertung von Rückständen aus der energetischen Nutzung von Biomasse zur P-Ernährung im Pflanzenbau

Bettina Eichler-Löbermann<sup>1</sup>, Raúl López<sup>2</sup>, Dieter Steinbrecht<sup>3</sup>, Detloff Köppen<sup>1</sup>

### Einleitung

Die pflanzenbauliche Verwertung der Rückstände aus der energetischen Nutzung von Biomasse ist eine wichtige Maßnahme, um den darin enthaltenen Phosphor (P) in den landwirtschaftlichen P-Kreislauf zurück zu führen und somit wertvolle Düngressourcen zu sparen. Der P-Gehalt in Aschen liegt im Durchschnitt zwischen 2 und 10 %, wobei die P-Löslichkeit häufig gering ist (BHATTACHARYA & CHATTOPADHYAY 2002, CODLING et al. 2002, Uckert 2004). Ziel der Untersuchungen war es, einen Vergleich zwischen Fruchtarten bezüglich ihrer P-Ausnutzung aus Aschen vorzunehmen.

### Material und Methoden

Zur Untersuchung der P-Ausnutzung aus Aschen wurde im August 2005 ein Gefäßversuche mit Hühnermist-Asche sowie im Juni 2006 ein Versuch mit Rapsextraktionsschrot-Asche jeweils mit mehreren Fruchtarten angelegt. Dabei wurden folgende Düngungsvarianten überprüft:

- Ohne P-Zufuhr
- Zufuhr von leichtlöslichen P ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ); 1 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  = 0,227 g P
- Zufuhr von Asche entsprechend ca. 0,400 g P

Alle anderen Nährstoffe wurden einheitlich gedüngt. Bei dem Versuchsboden handelte es sich um einen P-armen sandigen Lehm (P(DL)-Gehalt: 3,9 mg 100 g<sup>-1</sup> Boden). Die Verbrennung des Biomasse erfolgte im Wirbelschichtverfahren. Untersucht wurden Pflanzen- und Bodenparameter, wobei die Ergebnisse für das Jahr 2006 erst teilweise vorliegen.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Zufuhr der Asche wirkte sich in beiden Versuchen positiv auf die Erträge der Fruchtarten aus. Im Jahr 2005 lagen für Phacelia und Buchweizen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten vor, auch wenn bei Phacelia tendenziell eine Ertragssteigerung durch die Aschezufuhr zu verzeichnen war (siehe Tab. 1). Bei Gras und Ölrettich kam es durch die P-Düngung zu einer signifikanten Ertragssteigerung, wobei es egal war, ob die Zufuhr als  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  oder durch die Asche erfolgte. Die P-Aufnahmen der Pflanzen in der Aschevariante deuteten ebenfalls auf eine hohe P-Verfügbarkeit in der Asche hin.

Durch die Zufuhr der Asche erhöhte sich der pH-Wert des Bodens von durchschnittlich 5,5 auf 6,3. Der Anbau von Phacelia führte zu einer Verringerung der pH-Werte bei allen Düngungsvarianten, während die anderen Kulturen keinen Einfluss auf die Bodenreaktion hatten. In früheren Versuchen wurde ein hohes Kationen/Anionen-Verhältnis bei der Ionenaufnahme von Phacelia ermittelt, was mit einer Verringerung des pH-Wertes einherging. Das könnte Phacelia die P-Aufnahme aus Aschen erleichtern. Die wasserlöslichen P-Gehalte (Pw) waren in der Variante ohne

<sup>1</sup> Universität Rostock, Institut für Landnutzung, [bettina.eichler@uni-rostock.de](mailto:bettina.eichler@uni-rostock.de);

<sup>2</sup> Universidad Granma, Bayamo (Cuba), Facultad Agricultura;

<sup>3</sup> Universität Rostock, Fak. Maschinenbau u. Schiffstechnik

P-Düngung am geringsten. Die Asche-Variante wies trotz der höheren P-Zufuhr etwas geringer Pw-Gehalte des Bodens als die Variante mit  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  auf, wobei diese Unterschiede nur bei der Fruchtart Ölrettich signifikant waren (siehe Tab. 3). Hinsichtlich der oxalatlöslichen P-Gehalte und des Grades der P-Sättigung im Boden zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Formen der P-Zufuhr<sup>2</sup>. Die Ergebnisse zeigen, dass Biomasse-Aschen (Wirbelschichtverbrennung) für die P-Ernährung von Pflanzen genutzt werden können.

**Tabelle 1:** Ertrag (g Gefäß<sup>-1</sup>) in Abhängigkeit von der Düngung (Versuch 2005)

Düngung	Phacelia p = 0,540	Buchweizen p = 0,800	Ölrettich p = 0,001**	Einj. W.-Gras p = 0,001**
ohne P	13,8	16,5	18,8 a	11,4 a
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	14,9	16,2	23,1 b	13,0 b
Asche	16,3	16,1	23,8 b	13,3 b

**Tabelle 2:** P-Aufnahme (Spross) (mg Gefäß<sup>-1</sup>) in Abhängigkeit von der Düngung (Versuch 2005)

Düngung	Phacelia p = 0,035*	Buchweizen p = 0,002**	Ölrettich p = 0,001**	Einj. W.-Gras p = 0,001**
ohne P	56,0 a	51,6 a	86,1 a	42,0 a
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	68,7 ab	64,7 b	129,4 b	63,7 b
Asche	87,1 b	68,7 b	149,1 c	60,8 b

**Tabelle 3:** Pw-Gehalte des Bodens (Spross) (mg 100 g<sup>-1</sup>) in Abhängigkeit von der Düngung (Versuch 2005)

Düngung	Phacelia p = 0,005**	Buchweizen p = 0,001***	Ölrettich p = 0,002**	Einj. W.-Gras p = 0,001**
ohne P	0,80 a	0,70 a	0,72 a	0,60 a
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	1,28 b	1,35 b	1,30 b	1,28 c
Asche	1,25 b	1,20 b	1,22 b	0,95 b

## Literatur

- Bhattacharya, S.S.; Chattopadhyay, G.N. (2002): Increasing bioavailability of phosphorus from fly ash through vermicomposting. *J. Environ. Quality*. 31, 2116-2119.
- Codling, E.E.; Chaney, R.L.; Sherwell, J. (2002): Poultry litter ash as a potential phosphorus source for agricultural crops. *J. Environ. Qual.* 31, 954-961.
- Uckert, G.B. (2004): Versuche zur landbaulichen Verwertung von Holzaschen unter besonderer Berücksichtigung der Knickholzpotenziale Schleswig-Holsteins. Diss. Uni Kiel.

<sup>2</sup> Bodenuntersuchungen liegen für das Versuchsjahr 2006 noch nicht vor.



## **Untersuchungen zum Blattdrogenertrag und Wirkstoffgehalt unterschiedlicher Sorten der Artischocke (*Cynara cardunculus* L.) in Feldversuchen**

Silke Göttmann & Bernd Honermeier

### **Einleitung**

Die zur Familie der *Asteraceae* zählende Artischocke (*Cynara cardunculus* ssp. *flavescens* WIKL.) ist eine aus dem Mittelmeerraum stammende Kulturpflanze, die vor allem als Gemüse genutzt wird. Verwendet werden die charakteristischen Blütenköpfe, deren Blütenboden mit den fleischigen Hüllblättern ein wertvolles und beliebtes Delikatessgemüse darstellen. In Deutschland findet die Artischocke Verwendung als Blattdrogenpflanze zur Herstellung von Medikamenten und Nahrungsergänzungsmitteln. Ausschlaggebend für die pharmazeutische Nutzung sind drei Inhaltstoffgruppen: Caffeoylchinasäuren (CCS), Flavonoide und Sesquiterpenlactone (SCHILCHER & HAGEL 1999). Nach FINTELMANN (1999) werden Zubereitungen aus Artischockenblättern hauptsächlich bei dyspeptischen Beschwerden und zur Stimulation der Cholorese verwendet. Die Wirkstoffe der Artischocke unterliegen deutlichen Einflüssen durch den Genotyp. In dreijährigen und mehrortigen Feldversuchen wurde deshalb ein ausgewähltes Artischocken-Sortiment hinsichtlich Blattertrag, Blattmorphologie und Wirkstoffgehalt geprüft.

### **Material und Methoden**

Die Feldversuche wurden in den Jahren 2001 bis 2003 als einfaktorielle Blockanlagen mit 3 Wiederholungen an den 3 Versuchsstandorten Gießen (uT, AZ=65), Rauschholzhausen (löl; AZ=70) und Groß-Gerau (S, AZ=23) durchgeführt. Die Parzellengröße betrug 21 m<sup>2</sup> (Bestandesdichte: 4 Pfl./m<sup>2</sup>; Reihenweite 75 cm). Die Aussaat erfolgte Ende März bis Mitte Mai. Die Aussaat erfolgte manuell mit 2 Körnern pro Saatloch. Die Unkrautbekämpfung wurde manuell mit Handhacke und mit zugelassenen Herbiziden durchgeführt. Als Erntezeitpunkt wurde das Ende der Blattneubildung (kurz vor Schoßbeginn) gewählt. Aus allen 3 Wiederholungen wurden jeweils 4 definierte Einzelpflanzen entnommen, bei 40° Celsius getrocknet, gemahlen und für die analytische Bewertung der Inhaltsstoffe mittels HPLC, untersucht. Analog zur Einzelpflanzenentnahme wurden alle Pflanzen der Parzellen geerntet und die Frischmasse (FM dt/ha) bestimmt. Kleinere Probenmengen wurden in die Einzelfractionen grüne bzw. gelbe Blätter und Schosser aufgeteilt, zerkleinert und bei 110° Celsius getrocknet. Nach der Trocknung wurde der Trockensubstanzgehalt (%) und der Blattdrogenertrag (TM dt/ha) ermittelt. Innerhalb der Versuche wurden außerdem die phänotypische Merkmale erfasst. Die Blätter wurden per HPLC auf den Gehalt an CCS- und Flavonoid-Verbindungen analysiert.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Kennzeichnung der Blattmorphologie, der Blattstellung und der Bestandeshöhe der Pflanzen ist für die Beurteilung der Erntefähigkeit der Artischocke von Bedeutung. Erwünscht sind Sorten mit aufrechter Blatthaltung, großer Blattspreite, geringem Blattrippenanteil, großer Wuchshöhe und geringer Schossneigung. Diese morphologischen Merkmale sind überwiegend genetisch determiniert und nur teilweise durch anbautechnische Maßnahmen beeinflussbar. Die auf dem Markt erhältlichen

Artischockensorten weisen einen unterschiedlichen Habitus auf. Eine Phänotypisierung der Artischockensorten, vorzugsweise anhand der Blütenköpfe, ist aus Italien und Spanien bekannt (ELIA & MICCOLIS 1996). In den eigenen Versuchen sollte der Habitus der Blätter beschrieben werden, weshalb es sinnvoll erschien, eine erneute Klassifizierung der Phänotypen vorzunehmen. So wurden die Sorten in die Phänotypen *Kardone-Ähnlich*, *Artischocken-Ähnlich* und *Distel-Ähnlich* eingeteilt. Sie bringen eine hohe morphologische Variabilität zum Ausdruck und weisen auf das mannigfaltige Erscheinungsbild innerhalb der Art *Cynara cardunculus ssp. flavescens* WIKL. hin. Die Ergebnisse der Feldversuche zeigen, dass mit der Artischocke mindestens 2 bzw. 3 Blatternten pro Vegetationsperiode durchgeführt werden können. Bei guten Wachstumsbedingungen sind innerhalb einer Vegetationsperiode mit den ertragsreichsten Sorten Gesamt-Blatterträge von > 70 dt/ha realisierbar. Sorten, mit denen derart hohe Blatterträge erzielt wurden, zählen zu den Kardone-Typen. Diese besitzen eine geschlossenerere Blattspreite, eine relativ stark ausgeprägte Mittelrippe und eine große Wuchshöhe (> 100 cm). Unter Feldbedingungen wurden mit diesen Sorten relativ hohe LAI-Werte gemessen. Unabhängig vom Sortentyp wurden mit dem ersten Aufwuchs werden in der Regel die höchsten Blatterträge erzielt.

Neben dem Blattertrag werden hohe CCS- und Flavonoidgehalte, geringe Schossneigung und eine aufrechte Blatthaltung, ein günstiges Verhältnis von Blattspreite und Blattrippe sowie eine gute Kältetoleranz von den Artischockensorten gefordert. Diesen Forderungen am nächsten kommen die Sorten 'Gobbo di Nizza', 'White Giant', 'Silverleaf', 'Blauer Schnittcardy', 'Unirea' und 'Celesta' sowie die Linien der Firma Lichtwer 'Lichtwer 3', 'C4' bzw. 'A7/2'. Die pharmazeutische Industrie fordert CCS-Gehalte von > 2 % d. TM. Wenn dieses Merkmal als entscheidendes Kriterium für die Sortenauswahl angesehen und der Blattdrogenertrag als nachrangig betrachtet wird, dann sind im Ergebnis der durchgeführten Versuche folgende Sorten für die pharmazeutische Nutzung geeignet: 'Violet (Provence)', 'Violet (Romagna)', 'Violet (Chiogga)', die Lichtwer Linien 'A7/4' und 'Lichtwer 1 bzw. 2', 'Sakiz' sowie 'Saluschocke'.

Zwischen den Faktoren Blattertrag und CCS-Gehalt besteht eine negative Korrelation. Gleiches gilt für den Zusammenhang zwischen Blattertrag und dem Gehalt an Flavonoiden. Es konnten nur wenige Sorten ermittelt werden, die eine hohe Blattbildung mit hohen Gehalten an CCS-Verbindungen kombinieren (Bsp. Kardone-Typen „White Giant“ und „Gobbo di Nizza“).

### Literatur

- ELIA, A. & MICCOLIS, V. (1996): Relationship among 104 artichoke (*Cynara scolymus* L.) accessions using cluster analysis. In: *Advanced Horticultural Sciences* 10. 158-162.
- FINTELMANN, V. (1999): Artischockenblätterextrakt. *Deutsche Apotheker Zeitung* 136. 63-74.
- SCHILCHER, H. & H.J. HAGELS (1999): Presssaft aus Artischocken. In: *Deutsche Apotheker Zeitung*. 139. Jahrg. Nr. 28.

## **Bestandes-Kohlenstoff-Flüsse unter erhöhter atmosphärischer CO<sub>2</sub>-Konzentration: Ergebnisse vom Braunschweiger FACE**

Stefan Burkart, Remy Manderscheid & Hans-Joachim Weigel

### **Einleitung**

Die photosynthetische Kohlenstoffassimilation ist die Grundlage pflanzlicher Biomassebildung. Sie reagiert unmittelbar auf den Anstieg der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration. Aufgrund der Eigenschaften der CO<sub>2</sub>-fixierenden Enzyms RubisCO besteht eine positive Wechselwirkung von CO<sub>2</sub> und der Temperatur auf die Photosynthese. Angesichts der zu erwartenden Änderungen des chemischen und physikalischen Klimas der Erde rückt die photosynthetische CO<sub>2</sub>-Assimilation ganzer Bestände ins Zentrum des Interesses. Im Braunschweiger Kohlenstoffprojekt wurde mit einer Freiland-Begasungstechnik über einer ortsüblichen Fruchtfolge eine Atmosphäre simuliert, wie sie vorraussichtlich im Jahre 2050 vorliegen wird (550 ppm CO<sub>2</sub>, Free-Air-Carbon-Dioxide-Enrichment = FACE) Mit einem Kammer-System wurden die CO<sub>2</sub>-Flüsse (CCER,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) der Fruchtfolgeglieder auf Bestandesebene erfasst. Ziel unseres Beitrags ist die Evaluation von Wechselwirkungen wesentlicher Einflussgrößen auf die Bestandes-CO<sub>2</sub>-Flüsse mit der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration. Zu diesen Einflussgrößen zählen neben extrinsischen Faktoren (z.B. Klima) auch intrinsische Faktoren (z.B. LAI, Grösse, Dichte und Struktur des Bestandes).

### **Material und Methoden**

Auf einem Versuchsfeld (20 ha Ackerland) mit der Fruchtfolge Wintergerste – Zuckerrübe – Winterweizen wurde die atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration über Teilflächen (ca. 600 m<sup>2</sup>) mit Hilfe einer kammerlosen Freilandbegasungstechnik (FACE) auf 550 ppm CO<sub>2</sub> erhöht (Weigel & Dämmgen 2000). Das Boden-, Nährstoff- und Pestizid-Management wurde nach der ortsüblichen Praxis durchgeführt. Der Bestandesgaswechsel (CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O) wurde mit einem selbst entwickelten Kammer-System (offene Gaswechsellammern; ca. 1,2 m<sup>2</sup> Grundfläche, (Burkart et al. 2000) unter heutigen (380 ppm) und erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (550 ppm) kontinuierlich während der Hauptwachstumsphasen gemessen. Die Fruchtfolge wurde einmal wiederholt.

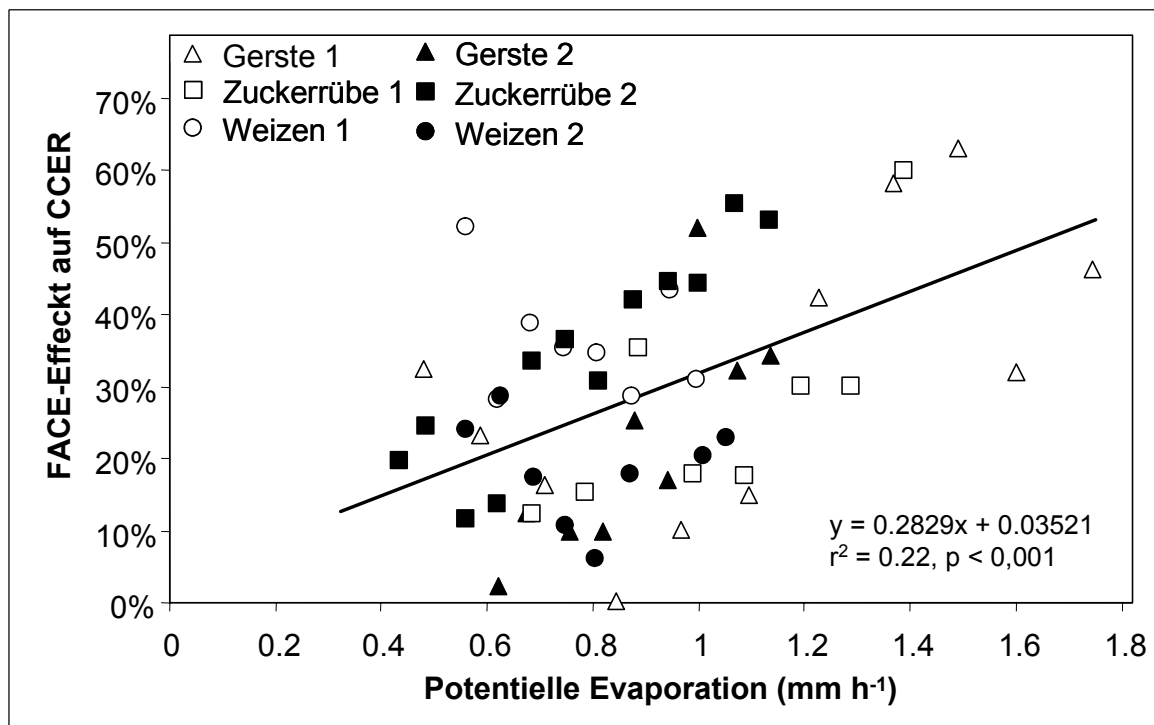
### **Ergebnisse und Diskussion**

Im Mittel über alle sechs Vegetationsperioden führte FACE zu einer Steigerung von CCER um ca. 30%. Dabei wirkte FACE stark auf die CO<sub>2</sub>-Flüsse der Zuckerrübe während beim Getreide die Reaktionen uneinheitlich waren.

CCER folgte der täglichen Variation der einfallenden photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR). Die Beziehung zwischen CCER und PAR war kurvilinear, ohne jedoch eine Lichtsättigung zu erreichen. Bei der Beziehung zwischen CCER und PAR konnten überraschenderweise keine Unterschiede zwischen den Feldfrüchten festgestellt werden, wie man es aufgrund der unterschiedlichen Bestandesstruktur hätte erwarten können.

Zur Evaluation der Klimaeinwirkung wurde die potentielle Evaporation als integrativer Parameter ausgewählt. Der FACE-Effekt war meist positiv mit der potentiellen

Evaporation korreliert (Abb. 1). Dies traf besonders für die Zuckerrübe zu, die auch einen stärkeren Stomatenschluss durch FACE zeigte, und in geringerem Ausmaß auch für die Gerste, während bei Weizen der FACE-Effekt kaum auf die potentielle Evaporation reagierte.



**Abb. 1:** Wirkung einer erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentration auf den Bestandes-CO<sub>2</sub>-Fluss von Fruchtfolgegliedern (FACE-Effekt auf CCER) als Funktion der potentiellen Evaporation. Offene Symbole: 1. Fruchtfolge, geschlossene Symbole: 2. Fruchtfolge.

Ein Einfluss des Wuchsstadiums auf den FACE-Effekt konnte nicht festgestellt werden. Auch eine Manipulation der Bestandesdichte (Burkart et al. 2003) veränderte den FACE-Effekt auf CCER nicht.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Wechselwirkung der CO<sub>2</sub>-Konzentration mit dem physikalischen Klima für die Kohlenstoffbindung entscheidend ist, während intrinsische Faktoren von geringerer Bedeutung sind.

### Literatur

- Burkart, S., Manderscheid, R., Weigel, H.-J., 2000. Interaction of photosynthetic flux density and temperature on canopy photosynthesis of spring wheat under different CO<sub>2</sub> concentrations. *J. Plant Physiol.* 157, 31-39.
- Burkart S, Manderscheid R, Weigel H-J (2003) Wirkung von erhöhter atmosphärischer CO<sub>2</sub>-Konzentration auf die Bestandesevapotranspiration: kompensatorische Effekte des Blattflächenindex? *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 15 : 152-155
- Weigel, H.J., Dämmgen, U. 2000: The Braunschweig Carbon Project: Atmospheric flux monitoring and free air carbon dioxide enrichment (FACE). *J. Appl. Bot.* 74, 55-60.

## **Biomass formation of oilseed rape: A simulation study based on organ- and canopy-scale gas exchange measurements**

Johannes Müller, Torsten Behrens & Wulf Diepenbrock

### **Introduction**

In agricultural research, oilseed rape (*Brassica napus* L.) is of particular interest because it is one of the major oil-bearing crop plants worldwide. Therefore, considerable effort has been put into modelling of dry matter and yield formation of this crop during the past decade. Here, canopy CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O gas exchange rates (**A**, **E**) of winter oilseed rape grown at nitrogen fertilization of 0, 80, 160, and 240 kg ha<sup>-1</sup> were investigated. Diurnal courses of **A** and **E** were measured continuously from onset of flowering until maturity by means of a canopy chamber system. Measurements were analysed by a combined mechanistic organ- and canopy-scale model that explains observed diurnal and seasonal courses of **A** and **E** from underlying photosynthetic features of leaves and pod walls and that allows to analyse interactions of processes contributing to the formation of dry mass and yield in oilseed rape.

### **Material and Methods**

*Model:* Canopy gas exchange was up-scaled from gas exchange rates of individual organs. Five basic model components were combined that describe the following processes:

- 1) seasonal courses of area indices of flowers, leaves, pods and stems
- 2) seasonal courses of leaf nitrogen (N) content and photosynthetic potential of pod walls
- 3) reflection and absorption of incoming light by flowers, leaves, pods and stems
- 4) the LEAFC3-N model (Müller et al., 2005) adapted to describe CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O exchange rates of leaves and pods as a function of leaf nitrogen content, photosynthetic potential of pod walls, and environmental factors
- 5) overall plant mitochondrial respiration and soil respiration.

*Experiments:* Plants of winter oilseed rape, cultivar 'Lirajet', were grown at the experimental stations Etzdorf (1999/2000; E2000) and Bad Lauchstaedt (2002/2003; B2003) near Halle/Saale at different N treatments (E2000: 0, 80, 160, and 240 kg (N) ha<sup>-1</sup>; B2003: 0 and 240 kg (N) ha<sup>-1</sup>). Canopy CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O gas exchange as well as microclimatic and soil (temperature, water content) characteristics were measured with a computer-controlled assimilation chamber system (4 chambers, ground area 0.75 m<sup>2</sup>, one chamber within each nitrogen treatment). Canopy area index was measured weekly (LI 2000, LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, USA). Horizontally projected areas of leaves, pods, and stems were determined at selected development stages (LI 3100, LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, USA) or estimated by a model (cf. Müller et al., 2005a and this volume). Further, we determined total N (g g<sup>-1</sup>; dry mass basis) and chlorophyll content (SPAD 502, Minolta) of leaves and N of pod walls.

### **Results and Discussion**

Observed diurnal and seasonal courses of **A** and **E** were explained by the model from underlying physiological features. In particular, this concerns the effect of nitrogen fertilization on magnitude and seasonal pattern of **A** and **E**, the depression

of canopy net photosynthesis during flowering, as well as the photosynthetic contribution of different organs to plant carbon gain.

Observed and simulated diurnal courses of canopy **A** and **E** in both experimental years coincided fairly well. Modelled **A** reproduced the observed differences between high and low N treatments as well as the seasonal trend correctly. In particular, this concerns (1.) the magnitude of **A**, (2.) the stronger depression of **A** during flowering at high N compared to low N, (3.) the rapid increase of **A** at high N during pod growth, combined with the maintenance of high **A** during the main phase of yield formation, and (4.) the continuous decline of **A** at low N that starts immediately after flowering.

The analysis confirms that canopy net photosynthesis rate and the resulting carbon gain of plants during the ripening period are determined mostly by photosynthetic activity of the pods.

The current model was proved useful to analyse physiological implications of photosynthetic carbon gain during development of rapeseed. Thus, the observed differences in magnitude and seasonal change of canopy gas exchange rates measured at high and low N supply as well as the depression of canopy net photosynthesis rate during flowering were quantified and explained by the model from underlying physiological features.

Though modelling of several aspects of canopy structure should be improved by future development of the model, the proposed approach may be used for modelling canopy gas exchange of oilseed rape. Detailed results are presented by Müller et al. (2005b).

### **Acknowledgements**

The project was funded by German Research Foundation (DFG, grant number MU 1397/1-4 and DI 294/16-1,2). The support of the state of Saxony-Anhalt is highly appreciated.

### **Literature**

- Müller, J.; T. Behrens and W. Diepenbrock, 2005b: Measurement and modelling of canopy gas exchange of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agricultural and Forest Meteorology* 132: 181-200.
- Müller, J.; P. Wernecke and W. Diepenbrock, 2005a: LEAFC3–N: a nitrogen-sensitive extension of the CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O gas exchange model LEAFC3 parameterised and tested for winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecol. Model.* 183: 183-210.
- Müller, J.; T. Behrens and W. Diepenbrock, 2006: Use of a new sigmoid growth equation to estimate organ area indices from canopy area index in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crops Res.* 96: 279 - 295.

## Virtual Crop Model - Barley: Kopplung von Pflanzenarchitektur, Strahlungsinterzeption und Stoffbildung

Johannes Müller, Peter Wernecke, Henning Braune & Wulf Diepenbrock

### Einleitung

Im Beitrag werden Ergebnisse aus den Verbundprojekten "Virtual Crops" (DFG FOR 472) und "Virtual-Crops-Barley" (DFG PAK 8) vorgestellt, die den Aufbau eines generischen, gekoppelten, drei-dimensionalen (3D) Funktions- und Strukturmodells (Functional Structural Plant Model, FSPM) zur Beschreibung von Entwicklung, Wachstum und Ertragsbildung bei Kulturpflanzen zum Ziel haben (*Virtual Crop Modelling System*, vgl. auch Dornbusch et al. und Wernecke et al., dieser Band). Schwerpunkt der hier dargestellten Untersuchungen war die Kalibrierung und Validierung eines Stickstoff-sensitiven Modells der gekoppelten Flüsse von CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O und Strahlung, die Kopplung dieses Modells mit einem Architekturmodell für Gerste (*Hordeum vulgare* L.), und die Testung des Modellverbundes in Bezug auf die Simulation der Primärproduktion der Pflanzen über die gesamte Ontogenese.

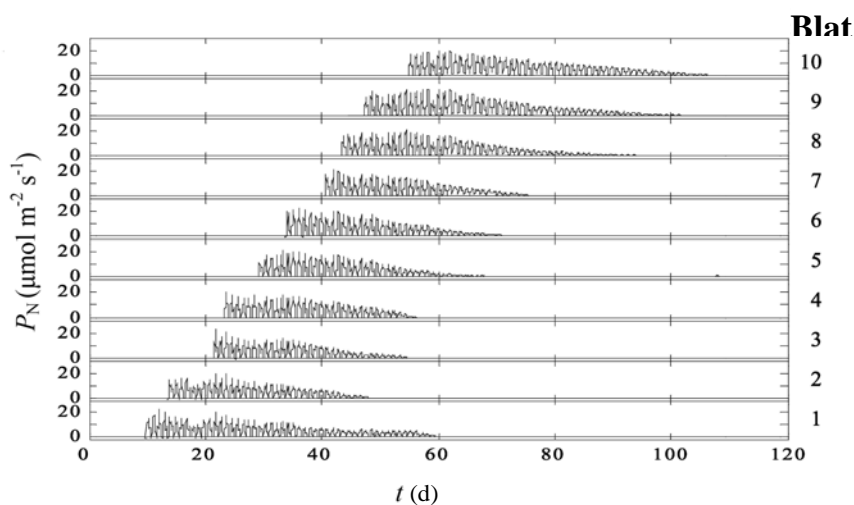
### Material und Methoden

**Experimente:** Die für Modellkalibrierung und -testung benötigten Daten wurden an Pflanzen von Sommergerste (*Hordeum vulgare* L., cv. 'Barke') erhoben, die unter teilweise (Gewächshaus, G) oder vollständig (Klimakammer, K) geregelten Umweltbedingungen bei unterschiedlicher N-Versorgung (G: 200 mg N Pflanze<sup>-1</sup>, G, K: 50 und 200 mg N Pflanze<sup>-1</sup>) und Wachstumstemperatur (G: 22 °C, K: 13, 16 und 22 °C) angezogen wurden. Die Maximalwerte der Photonenflußdichte in Pflanzenhöhe betragen ca. 1000 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (G) und 400 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (K, konstant). CO<sub>2</sub>-Konzentration ( $C_a = (350 \pm 50)$  ppm), relative Luftfeuchte ( $rh = (70 \pm 10)$  %) und Bodenwassergehalt (25 Vol. %) waren annähernd konstant. Ein- bis zweimal wöchentlich wurden für definierte Organgruppen bestimmt: Trockenmasse (TM), Gehalte an Stickstoff (N) und Kohlenstoff (C), Chlorophyllgehalt (alle Blätter), Licht- und CO<sub>2</sub>-Responsekurven der Netto-Photosyntheserate  $P_N$  (ausgewählte Blätter), Kenngrößen der Pflanzenarchitektur (s. Dornbusch et al., dieser Band).

**Modellierung:** Es wurde die Kopplung eines Architekturmodells (VICA, Wernecke et al., dieser Band) mit dem N-sensitiven Blatt-Gaswechselmodell LEAFC3-N (Müller et al., 2005) in Bezug auf die Simulation der C-Assimilation und die TM-Bildung getestet. Die Modellkomponenten wurden unter MATLAB<sup>®</sup> 7.01 implementiert und auf der Grundlage der oben skizzierten Messungen kalibriert. In dem gekoppelten Modellsystem wird durch VICA die Pflanzenarchitektur sowie der Verlauf der Chlorophyll- und N-Gehalte der Pflanzenorgane über den gesamten Ontogeneseverlauf rekonstruiert und die organspezifische Strahlungsabsorption berechnet. Mit diesen Größen und den Messwerten für weitere Umweltfaktoren ( $C_a$ ,  $rh$ , Lufttemperatur) als Input für LEAFC3-N läßt sich zunächst die organbezogene C-Assimilation und daraus der ontogenetische Verlauf der C-Assimilation pro Pflanze berechnen. Zunächst wurde in einem Pilotversuch (G) ein vereinfachtes System betrachtet (einhalmige Pflanzen, Seitentriebe zweimal wöchentlich entfernt, Daten bei Messung und Simulation von C- und N-Gehalten bzw. Bilanzen und TM-Bildung berücksichtigt).

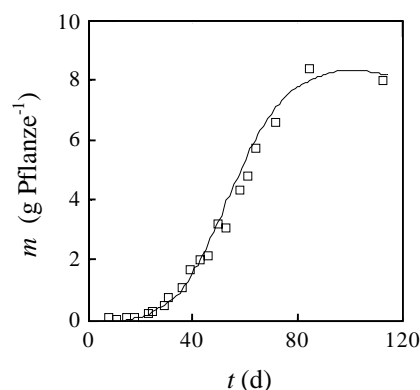
## Ergebnisse und Diskussion

Die Simulation der Tagesgänge von  $P_N$  zeigt die zeitliche Staffelung des Beitrags der Blattspreiten verschiedener Blattstufen und die Wirkung der Seneszenz (Abb. 1). Für die Simulation der C-Assimilation der Pflanzen wurde der Beitrag der Blattscheiden und Ähren näherungsweise berechnet. Die für die Kalkulation der C-Bilanz und der Trockenmassebildung relevanten Atmungsverluste der Pflanzen wurden auf der Grundlage des *growth-and-maintenance*-Konzepts (Cannell and Thornley, 2000) kalkuliert. Der *maintenance*-Term wurde proportional ( $k_{RM}$ ) zur organspezifischen Stickstoffmasse angenommen. Der Einfluß der Organentwicklung



**Abb. 1:** Simulierte Tagesgänge (Stundenmittel) der Netto-Photosyntheserate  $P_N$  der Blattspreiten, Blattstufe 1-10, Zeit  $t$ : Tage nach Aussaat.

**Abb. 2:** Messdaten (quadratische Symbole, Mittel von vier Wiederholungen mit je vier oder fünf Pflanzen) und Simulation (Linie) der Trockenmassebildung, Zeit  $t$ : Tage nach Aussaat.



auf diese Beziehung wird über einen auf dem Stickstoffgehalt basierenden Aktivitätsindex erfasst. Da der Wert des Koeffizienten  $k_{RM}$  aus den Meßdaten nicht unmittelbar abgeleitet werden kann und auch die entsprechenden Literaturangaben weit streuen, wurde dieser Wert für die vorliegende Simulationsstudie geeignet gesetzt. Die Simulationsergebnisse zur TM-Bildung (Abb. 2) bestätigen ebenfalls die Funktionalität des gekoppelten Modellsystems und die gewählte Modellparametrisierung.

## Literatur

- Cannell, M.G.R. and J.H.M. Thornley, 2000: Modelling the Components of Plant Respiration: Some Guiding Principles. *Annals of Botany*: 85, 45-54.
- Müller, J.; P. Wernecke and W. Diepenbrock 2005: LEAFC3-N: a nitrogen-sensitive extension of the  $CO_2$  and  $H_2O$  gas exchange model LEAFC3 parameterised and tested for winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecol. Model.* 183: 183-210.



## VICA - Barley: 3D Simulation eines Pflanzenbestandes (Architektur, C-Input, Stoffbildung und -verteilung)

Peter Wernecke, Johannes Müller, Tino Dornbusch, Andreas Wernecke & Wulf Diepenbrock

### Einleitung

Im Beitrag werden Ergebnisse aus den Verbundprojekten “*Virtual Crops*” (DFG FOR 472) und “*Virtual-Crops-Barley*” (DFG PAK 8) vorgestellt, die den Aufbau eines generischen, gekoppelten, dreidimensionalen (3D) Funktions- und Strukturmodells (Functional Structural Plant Model, FSPM) zur Beschreibung von Entwicklung, Wachstum und Ertragsbildung bei Kulturpflanzen zum Ziel haben (vgl. auch Dornbusch et al. und Müller et al., dieser Band). An Hand von zwei Simulationsbeispielen wird die Funktionalität des Modellsystems diskutiert.

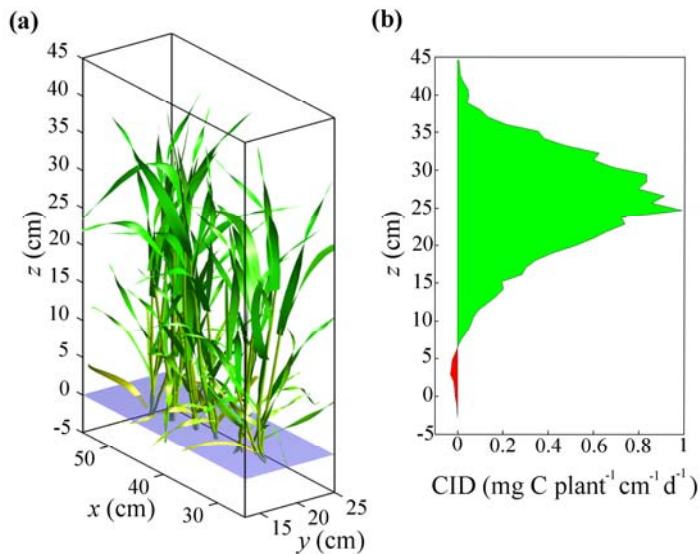
### Material und Methoden

Das Modellsystem VICA-Barley, eine Weiterentwicklung der Basisversion (Wernecke et al. 2000), besteht aus verschiedenen Modellkomponenten, Simulationstools und Visualisierungsroutinen zur räumlichen Beschreibung des Wachstums von Einzelpflanzen und Pflanzenbeständen. Der Modellkern ist als hierarchisch strukturierter Objektverbund aufgebaut. Diese Objekte stehen in engem Bezug zu den morphologisch und funktionalen ‘plant units’ (Organe). VICA enthält folgende kalibrierte Modellbausteine: (i) Beschreibung des Strahlungstransfer: SAIL-Modell (Andrieu et al. 1997) (ii) Berechnung der optischen Eigenschaften: PROSPECT-Modell (Jacquemoud et al. 1996) und (iii) Ermittlung der Netto-Photosynthese: LEAFC3-N-Modell (Müller et al. 2005). Modellkomponenten, die die Organentwicklung, die Substrattransformation und die Substratverteilung in der Pflanze beschreiben, werden gegenwärtig kalibriert. Zur Erfassung der dreidimensionalen Bestandesarchitektur wurde im Jahr 2005 in der Lehr- und Versuchstation Bad Lauchstädt ein Freilandversuch durchgeführt. Die Aussaat der Sommergerste erfolgte am 29.03.2005 (280 Körner m<sup>-2</sup>). Bei sechs Zwischenernten im Verlauf der Ontogenese wurde die 3D Architektur von Einzelpflanzen quantifiziert (vgl. Dornbusch et al. dieser Band).

### Ergebnisse und Diskussion

*3D-Visualisierung und Simulation des C-Inputs.* Modelle zur Simulation der 3D-Pflanzenarchitektur, des Strahlungstransfers und der Photosynthese werden genutzt, um den schichtenspezifischen täglichen Kohlenstoff(C)-Input [mg C Pflanze<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>] zu berechnen. Abb. 1a zeigt den simulierten virtuellen Pflanzenbestand (Pflanzendichte 280 Pfl. m<sup>-2</sup>). Der C-Input wird als Summe der Beiträge elementarer triangulierter Oberflächenelemente mit Hilfe des Stickstoff-sensitiven LEAFC3-N Modells ermittelt, wobei auch die Unterschiede in der Lichtabsorption zwischen den individuellen Oberflächenelementen berücksichtigt werden. Für alle anderen Modell-Inputvariablen (z.B. Stickstoff- und Chlorophyllgehalt) wurden die Änderungen längs der Organoberfläche vernachlässigt. Abb. 1b zeigt die simulierten vertikalen Profile des

täglichen C-Inputs (zur Berechnung der Wachstums- und der Erhaltatmung vgl. Müller et al. dieser Band). Am Bestandesgrund ist der C-Input negativ, da hier die



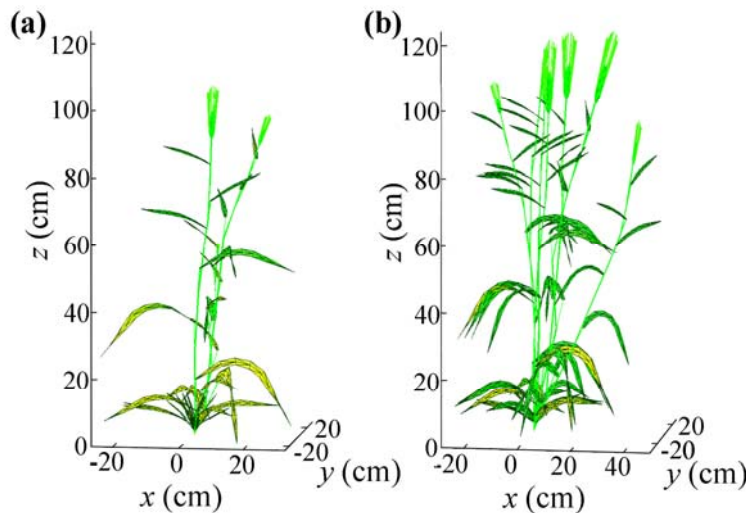
Atmungsverluste gegenüber den Beiträgen der Netto-Photosynthese infolge geringer Strahlungsintensität überwiegen.

**Abb 1:** (a) Virtueller Sommergerstenbestand (sechs Pflanzen). Die 3D Daten wurden aus dem Feldexperiment (25. Mai 2005) ermittelt. (b) Simuliertes C-Input-Profil (CID) als Funktion

der Schichthöhe z

*Simulation des Bestockungsverhaltens.* Zur Überprüfung der Algorithmen des Substrattransportes in der Pflanze ist die 3D Architektur mit unterschiedlicher Pflanzendichte simuliert worden (25 und 200 Pflanzen  $m^{-2}$ , Abb. 2). Das Wachstum

neuer Nebentriebe wurde als Funktion der Substratmenge in der Nebentriebknospe formuliert. Die Lichtintensität oberhalb des Bestandes ist in beiden Simulationen die gleiche, wogegen sich das absorbierte Licht und der C-Input pro Pflanze unterscheiden.



**Abb. 2.** Einfluss der Bestandesdichte auf die Bestockung eines virtuellen Pflanzenbestandes, Pflanzendichte: (a) 200 Pflanzen  $m^{-2}$ , (b) 25 Pflanzen  $m^{-2}$

## Literatur

- Andrieu, B., Baret, F., Jacquemoud, S., Malthus, T. and Steven, M. (1997). Evaluation of an improved version of SAIL model for simulating bidirectional reflectance of sugar beet canopies. *Remote Sensing of Environment*, 60, 247-257.
- Jacquemoud, S., Ustin, S. L., Verdebout, J., Schmuck, G., Andreoli, G., Hosgood, B. (1996). Estimating leaf biochemistry using the PROSPECT leaf optical properties model. *Remote Sensing of Environment*, 56, 194-202.
- Müller, J., Wernecke, P., Diepenbrock, W. (2006). LEAFC3-N: a nitrogen-sensitive extension of the CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O gas exchange model LEAFC3 parameterised and tested for winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecological Modelling*, 183, 183-210.
- Wernecke, P., Buck-Sorlin, G. and Diepenbrock, W. (2000). Combining process- with architectural models: The simulation tool VICA. *Systems Analysis Modelling Simulation*, 39, 235-277.

## **Ermittlung des optimalen Stickstoff-Versorgungszustands bei Winterweizen (*Triticum aestivum*) mittels Laser-induzierter Chlorophyll-Fluoreszenz**

Bernhard Limbrunner & Franz-Xaver Maidl

### **Einleitung**

Die räumliche und zeitliche Variabilität des Nährstoffstatus kann innerhalb eines Schlages zu unterschiedlicher Entwicklung der Kulturpflanzen und damit zu großen Ertrags- und Qualitätsunterschieden führen. Hierauf kann durch teilschlagspezifische Düngung reagiert werden. In der vorliegenden Arbeit werden mehrjährige Ergebnisse mit einem aktiven Sensorsystem vorgestellt, das den aktuellen Stickstoff-Versorgungszustand des Bestandes mittels laserinduzierter Chlorophyll-Fluoreszenz abbilden kann.

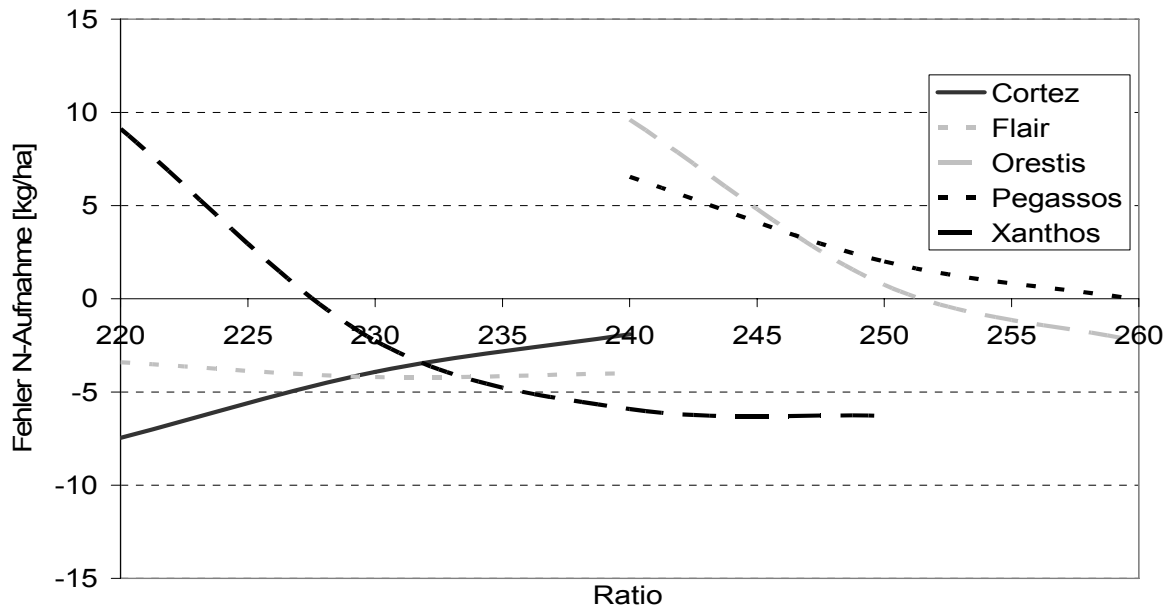
### **Material und Methoden**

Am Wissenschaftszentrums Weihenstephan werden seit mehreren Jahren Sorten- und Stickstoff-Optimierungsversuche bei Winterweizen (*Triticum aestivum*) angelegt. In den Sortenversuchen werden fünf Winterweizensorten mit vier unterschiedlichen Stickstoffmengen gedüngt. Die Sorten unterscheiden sich in ihrem Habitus und ihrer Grünfärbung, und damit auch in ihrem Chlorophyllgehalt. Diese Sortenversuche dienen dazu, herauszufinden, ob bei der Ermittlung der Düngealgorithmen eine Sortenspezifität oder eine Stadienspezifität berücksichtigt werden muss. In den Stickstoff-Optimierungsversuchen werden durch eine enge Staffelung der Stickstoff-Düngergaben optimale Stickstoffaufnahmemengen ermittelt. Zur Ermittlung der aktuellen Stickstoffaufnahme werden bei allen Versuchen zu charakteristischen Entwicklungsstadien Biomasseproben entnommen und im Labor analysiert.

Die berührungslose Detektion des Versorgungszustandes der Pflanzen wird mit dem Lasersensor MiniVeg N der Fa. Fritzmeier (Großhelfendorf, Bayern, Deutschland) durchgeführt. Dieser Laser regt das Chlorophyll der Pflanzen an, wobei Fluoreszenzlicht abgestrahlt wird. Dieses Fluoreszenzlicht wird bei den Wellenlängen 690 nm und 730 nm detektiert. Aus dem Verhältnis dieser Wellenlängen wird der Vegetationsindex Ratio errechnet, welcher eng mit dem Chlorophyllgehalt korreliert (Günther et al. 1994). Dieser steht wiederum in enger Beziehung mit dem Stickstoff-Versorgungszustand der Pflanze.

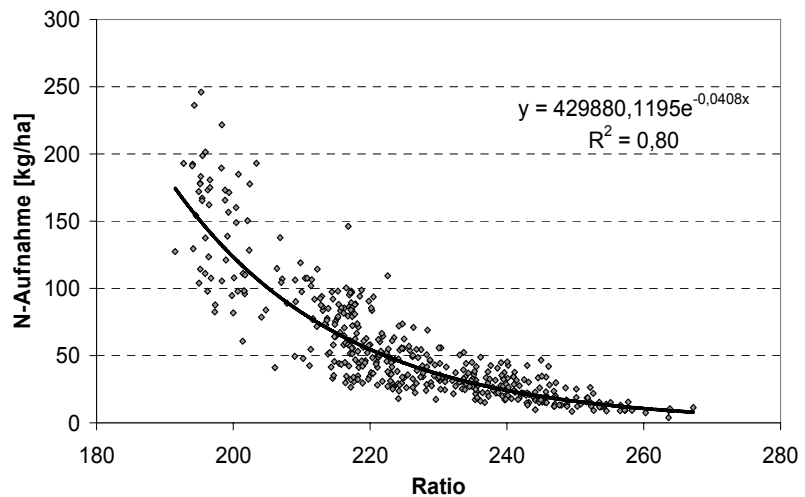
### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Messungen bei Winterweizen zeigen, dass der aktuelle Stickstoff-Versorgungszustand mit diesem Sensorsystem sehr gut abgebildet werden kann. Bereits kleine Pflanzen (während der Bestockung) können detektiert werden. Zwischen Ratio und Stickstoff-Aufnahme von Winterweizen konnten über die gesamte Schossphase Bestimmtheitsmaße  $> 0,8$  errechnet werden. Untersuchungen zu einer etwaigen Sortenspezifität des Messsystems zeigten, dass der Einfluss der Sorte vernachlässigbar gering ist. In Abb. 1 sind hierzu die errechneten Fehler einzelner Sorten bei Verwendung einer sortenunabhängigen Schätzgleichung aufgetragen. Die Schätzfehler der N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse bewegten sich stets in einem Bereich  $< 10$  kg N/ha.



**Abb. 1:** Schätzfehler der N-Aufnahme in EC 32 bei Verwendung einer sortenunabhängigen Schätzgleichung.

Auch der Einfluss des Entwicklungsstadiums auf den Verlauf der Schätzgleichung ist relativ gering. Dies trifft vor allem während der gesamten Schossphase zu. In Abb. 2 ist eine exponentielle Regression der Ratio zur aktuellen Stickstoff-Aufnahme aller verwendeten Sorten bei mehreren Messterminen während des Schossens aufgetragen. Ein hohes Bestimmtheitsmaß von 0,8 zeigt, dass während dieser Phase kein Einfluss des Entwicklungsstadiums auf die Regelkurve festzustellen ist. Erst ab den deutlichen phänologischen Veränderungen beim Ährenschieben muss eine Stadienspezifität berücksichtigt werden. Die Messwerte in Abb. 2 stammen aus zweijährigen Versuchen.



**Abb. 2:** Exponentielle Regression Ratio zu N-Aufnahme bei fünf Winterweizensorten über EC 30 bis EC 37 in den Jahren 2004 und 2005.

Jahrgangseffekte hinsichtlich der Messwerte sind dennoch nicht feststellbar.

### Literatur

Günther K. P., Dahn H.-G., Lüdecker W. (1994): Remote Sensing Vegetation Status by Laser-induced Fluorescence. Remote Sensing of Environments 47: 10-17

## **Optimierung der Wirtschaftsdüngung zu Öko-Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung teilflächenspezifischer Gegebenheiten**

Derk Westphal, Ralf Loges & Friedhelm Taube

### **Einleitung**

Durch den Verzicht des ökologischen Landbaus auf chemisch-synthetische Düngemittel werden Ertragserwartungen und Kornqualitäten für Backgetreide beim Winterweizenanbau vielfach nicht erzielt. In viehhaltenden Betrieben besteht die Möglichkeit, wirtschaftseigene Düngemittel (Festmist, Gülle, Jauche etc.) gezielt einzusetzen (Loges und Heuwinkel, 2004), um Erträge zu steigern und Kornqualitäten zu verbessern. Reine Ackerbaubetriebe können Wirtschaftsdünger von anderen Betrieben zukaufen. Untersuchungen auf dem Versuchsbetrieb Lindhof haben gezeigt, dass Wirtschaftsdüngereinsatz zu ökologisch angebautem Weizen zu deutlich verbesserten Erträgen und Kornqualitäten führen kann (Dreymann, 2005). Allerdings ist beim Einsatz von Rindergülle die N-Verwertungseffizienz gering. Aufgrund der Knappheit von Wirtschaftsdüngern, sollen diese teilflächenspezifisch ausgebracht werden. Abgeleitet aus konventionellen Versuchsergebnissen, in denen durch eine teilflächenspezifisch abgestimmte mineralische N-Düngung die Verwertungseffizienz gesteigert werden konnte, wurde das Konzept auf den Einsatz von organischen Düngemitteln mit leicht verfügbaren N-Formen (Rinderjauche) im ökologischen Landbau übertragen.

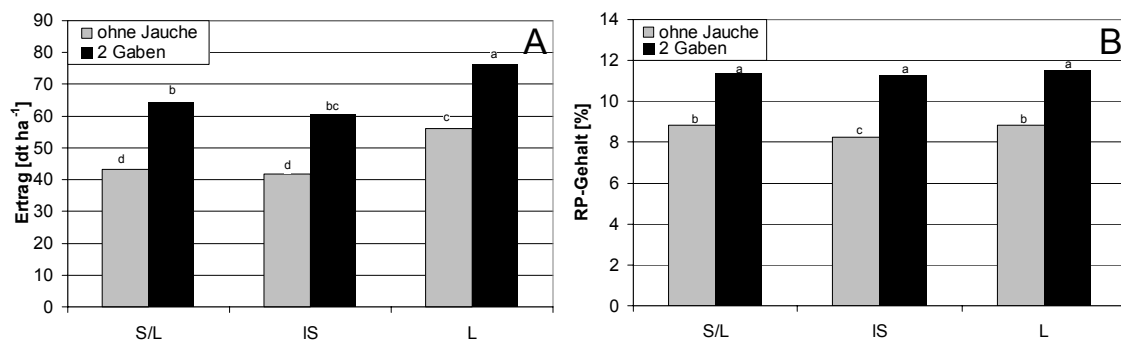
### **Material und Methoden**

Vor Versuchsbeginn wurden auf drei Winterweizenschlägen nach den Vorfrüchten Kleegras und Erbsen jeweils drei Teilareale unterschiedlicher Bodenarten (IS, S/L, L) markiert. Auf diesen Teilflächen wurde jeweils in zwei Teilgaben zu EC 29 (Ende Bestockung) und EC 39 (Ende Schossen) insgesamt 135 kg Gesamt-N ha<sup>-1</sup> in Form von Bioland-Rinderjauche auf eine Parzelle appliziert. Die Applikation erfolgte mit Hilfe von Schleppschläuchen. Direkt neben den gedüngten Flächen wurden auf den gleichen Bodenarten ungedüngte Referenzparzellen angelegt. Zur Ernte wurde ein Parzellendrusch durchgeführt. Anhand dieser Proben wurden Druschertrag, Kornrohproteingehalte und TKM ermittelt.

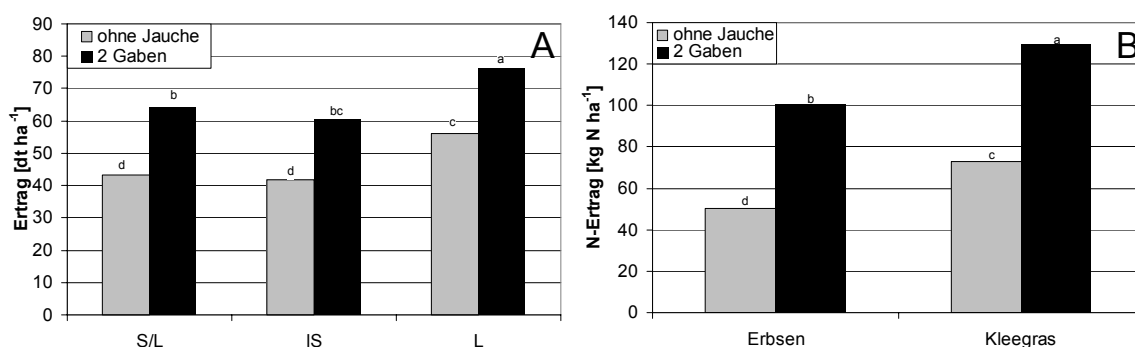
### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Jauchedüngung hatte auf allen Bodenarten eine positive Wirkung auf den Korn-ertrag. Der höchste Ertrag wurde im Mittel über die Vorfrüchte Erbsen und Kleegras durch die Variante „Jauchedüngung auf Lehm“ erzielt (Abb. 1A). Ohne Düngung wurde auf Lehm ein Ertrag zu erzielt, der auf den leichten Böden nur durch Düngung zu erreichen war. Die Rohproteingehalte verhielten sich auf allen drei Bodenarten im Mittel über die Vorfrüchte gleich (Abb. 1B). Ohne Wirtschaftsdüngereinsatz lagen die Gehalte im Korn bei 8,5 %. Durch die Jauchedüngung konnten diese Werte auf ca. 11,5 % gesteigert werden. Durch die ähnlich hohen Rohproteingehalte verhielten sich die N-Erträge auf den drei Bodenarten wie der Kornertrag. Auch hier unterschieden sich die N-Erträge der beiden leichten Bodenarten nicht. Sie lagen ohne Düngung bei ca. 55 kg N ha<sup>-1</sup> und mit Düngung knapp doppelt so hoch. Auf Lehm

wurden N-Erträge von 75 kg N ha<sup>-1</sup> ohne Düngung und 130 kg N ha<sup>-1</sup> mit Düngung erzielt. Wechselwirkungen aus Bodenart und Düngung ließen sich in Bezug auf Ertrag, Rohproteingehalt und N-Ertrag nicht feststellen.



**Abb. 4:** Einfluss von Bodenart und Düngung auf den Ertrag (A) und den Rohproteingehalt (B) von Winterweizen im Mittel über die Vorfrüchte Klee gras und Erbsen.



**Abb. 5:** Einfluss von Vorfrucht und Düngung auf den Ertrag (A) und den N-Ertrag (B) von Winterweizen im Mittel über die Bodenarten.

Der Einfluss von Vorfrucht und Düngung auf den Ertrag verhält sich im Mittel über die Bodenarten ähnlich (Abb. 2A). Nach Erbsen wurde im Winterweizen nur durch die Jauchedüngung ein Ertragsniveau erreicht, wie es nach Klee gras ohne Düngung erzielt wurde. Durch Jauchedüngung wurden im Winterweizen nach Klee gras die höchsten Erträge erzielt. Außerdem konnte erst durch die Jauchedüngung backfähiges Korn gedroschen werden. Nach der Vorfrucht Erbsen ließen sich die N-Erträge durch die Düngung von ca. 50 kg N ha<sup>-1</sup> auf knapp 100 kg N ha<sup>-1</sup> verdoppeln (Abb. 2A). Nach Klee gras lagen die N-Erträge ohne Jauche bei 70 kg N ha<sup>-1</sup> und ließen sich durch Jauchegaben auf ca. 125 kg N ha<sup>-1</sup> steigern. Auch hier konnten keine Wechselwirkungen von Vorfrucht und Düngung auf den Ertrag, Rohproteingehalt und N-Ertrag nachgewiesen werden.

Im ersten Versuchsjahr führte die Düngung von 135 kg N ha<sup>-1</sup> auf allen Flächen zu einer gleich guten Verwertung. Ein Vorteil der spezifischen Düngung eines Begrenzt vorhandenen Düngers war nicht nachweisbar.

## Literatur

- Dreymann, S., 2005: N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Diss. Universität Kiel.
- Loges R., Heuwinkel H., 2004: Mulchen oder Schnittnutzung von Klee gras – Auswirkung der Bewirtschaftung von Klee grasbeständen auf den N-Haushalt von Fruchtfolgen. In Schmidt H. (Hrsg.) Viehloser Öko-Ackerbau – Beiträge, Beispiele, Kommentare. Verlag: Professur für Organischen Landbau Justus-Liebig-Universität Gießen.

## Wirkungen einer Gülledüngung zu Silomais und Untersaat zu Winterroggen auf Ertrag und N-Entzug in einer dreifeldrigen Fruchtfolge

Detloff Köppen, Britta Kowalski & Bettina Eichler-Löbermann

### Einleitung

Es galt die Frage zu beantworten, ob Gülle zu Mais und eine Untersaat im Winterroggen die Leistungen der Fruchtarten und -folge nachhaltig verbessern kann.

### Material und Methoden

In den Jahren 1993-1998 wurde in einer dreifaktoriellen Spaltanlage mit den Fruchtarten (Faktor A) Silomais – Sommergerste – Winterroggen in zwei Rotationen die Wirkung einer Rotkleegrasuntersaat (Faktor B) zu Winterroggen und Gülledüngung (Faktor C) zu Silomais geprüft.

### Ergebnisse und Diskussion

Beim Silomais zeigten sich bei den Erträgen und N-Entzügen im Mittel der Jahre kei-

**Tab. 1:** Erträge, Trockenmasse-, N-Gehalte und N-Entzüge bei Silomais im Fruchtfolgeversuch 1993-1998

	Maisertrag (dt TM ha <sup>-1</sup> )			N-Gehalt %		Entzug (kgN ha <sup>-1</sup> )
	Kolben	Restmais	ges.	Kolben	Restmais	ges.
b1 <sup>1)</sup>	83,4	59,6	143,0	1,62	1,07	198,9
b2	86,7	59,0	145,7	1,63	1,06	203,9
b3	85,2	59,1	144,3	1,66	1,05	203,5
GD <sub>5%</sub>	10,3	5,6	13,3	0,05	0,08	26,3
c1 <sup>2)</sup>	84,2	56,2	140,4	1,62	1,04	194,8
c2	84,9	59,9	144,8	1,63	1,06	201,9
c3	86,2	61,7	147,9	1,66	1,08	209,7
GD <sub>5%</sub>	7,0	5,9	10,5	0,06	0,07	14,8
b1c1	81,6	55,1	136,7	1,60	1,05	188,5
b1c2	80,8	59,6	140,4	1,62	1,05	193,5
b1c3	87,7	64,2	151,8	1,65	1,11	216,0
b2c1	84,7	56,7	141,4	1,60	1,04	194,5
b2c2	92,3	61,7	154,0	1,62	1,04	213,7
b2c3	83,2	58,7	141,9	1,67	1,09	202,9
b3c1	86,2	57,0	143,1	1,66	1,02	201,2
b3c2	81,6	58,4	140,0	1,66	1,10	199,7
b3c3	87,8	62,1	150,0	1,65	1,04	209,5
GD <sub>5%</sub>	16,4	13,8	24,5	0,13	0,17	34,8

<sup>1)</sup> b1 = ohne, b2 = Untersaatenumbruch im Herbst, b3 = Untersaatenumbruch im Frühjahr

<sup>2)</sup> c1 = ohne, c2 = Gülle-N von 1,3 DE, c3 = Gülle-N von 2,6 DE

ne signifikanten Unterschiede zwischen den Stufen des Faktors B und C, aber deutliche Tendenzen (Tab. 1).

Bei geringem Düngungsniveau (c1) waren die Stufen mit Untersaat denen ohne Untersaat überlegen. Das traf auch auf den Vergleich der Rotationen 1996 – 1998 mit 1993 – 1995 zu (Tab. 2), woraus auf die nachhaltige Wirkung der Untersaat in der Fruchtfolge geschlossen werden kann.

**Tab. 2:** Fruchtfolgewirkungen (dt TM ha<sup>-1</sup>) der Untersaat und der Gülledüngung im Vergleich der Rotationen 1993-1995 mit 1996-1998

	Silomais			Winterroggen			Sommergerste			FF
	1993-1995	1996-1998	Δ	1993-1995	1996-1998	Δ	1993-1995	1996-1998	Δ	Δ
b1	149,6	136,3	-13,3	38,3	30,5	-7,8	44,0	43,7	-0,3	-7,2
b2	143,4	148,1	4,8	38,4	33,2	-5,3	45,3	44,6	-0,7	-0,4
b3	141,3	147,4	6,0	38,8	34,1	-4,6	45,1	46,5	1,4	0,9
c1	144,6	136,2	-8,5	37,4	31,4	-6,0	43,1	43,4	0,4	-4,7
c2	140,8	148,8	8,0	38,7	32,5	-6,1	44,9	44,9	0,0	0,6
c3	148,9	146,8	-2,1	39,4	33,9	-5,5	46,5	46,5	0,0	-2,5

<sup>1)</sup> b1 = ohne, b2 = Untersaatenumbruch im Herbst, b3 = Untersaatenumbruch im Frühjahr

<sup>2)</sup> c1 = ohne, c2 = Gülle-N von 1,3 DE, c3 = Gülle-N von 2,6 DE

Die Nachwirkung der Gülledüngung hatte auf die Erträge und N-Entzüge von Sommergerste und Winterroggen einen z. T. auch signifikanten Einfluss.

Zwischen den Stufen des Faktors B waren die Unterschiede beim Ertrag, N-Gehalt und N-Entzug der Deckfrucht nicht signifikant. Allerdings war bei geringer Düngungsintensität (ohne Gülle) ein negativer Untersaateneffekt auf den Ertrag festzustellen, während dies bei höherer Düngungsintensität (mit Gülle) nicht der Fall war. Beim N-Entzug war dagegen auf allen Stufen von C ein positiver Untersaateneffekt zu beobachten. Zwischen den Prüfgliedern mit Klee-grases und der N-Düngung bestanden unterschiedlich gerichtete Wechselwirkungen.

## Literatur

Das vollständige Manuskript mit Literaturverzeichnis kann beim korrespondierenden Autor angefordert werden.



## **Pflanzenbauliche Parameter als Indikatoren nutzungsbedingter Veränderungen in einem natürlichen Graslandbestand in der Inneren Mongolei**

Anne Schiborra, Martin Gierus, Hongwei Wan<sup>1</sup>, Yongfei Bai<sup>1</sup> & Friedhelm Taube

### **Einleitung**

Die Überbeweidung der Steppenlandschaft der Inneren Mongolei, V.R. China, ist sowohl ein großes ökologisches, wie agronomisches Problem. Im Rahmen der DFG-Forschergruppe MAGIM ([www.magim.net](http://www.magim.net)) verfolgt die Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, CAU Kiel, in Zusammenarbeit mit dem Institute of Botany, CAS, Beijing, das Ziel den Prozess der Degradierung mit Hilfe verschiedener pflanzenbaulich relevanter Parameter zu charakterisieren. Diese Parameter sollen als Indikatoren kritischer Bestandsveränderungen fungieren. Am Ende der Untersuchungen soll die Definition von Schwellenwerten stehen, die es in Zukunft ermöglichen, drohende nachhaltige Bestandsschädigungen frühzeitig zu erkennen. Die Versuche werden an der Forschungsstation IMGERS durchgeführt. Dort herrscht ein semi-arides Steppenklima mit Jahresdurchschnittstemperaturen von 1,7°C und mittleren Niederschlägen von etwa 320 mm. In einem ersten Versuch wurde ein natürlicher Grasbestand (*Leymus chinensis*/*Stipa grandis* – Steppe) verschiedenen Schnittnutzungsintensitäten ausgesetzt, und verschiedene Ertragsparameter über bisher 2 Versuchsjahre erfasst. Im Folgenden werden einige dieser Parameter beschrieben, und eine erste Einschätzung der Indikatorfunktion durchgeführt.

### **Material und Methoden**

Für die Untersuchungen wurden 3 Nutzungsintensitäten in 4-facher Wiederholung in einer vollständig randomisierten Blockanlage geprüft: Behandlung I (BI) - Heuschnitt im September, BII (simulierte, moderate Beweidung) - Nutzung im 6- Wochenrhythmus, BIII (simulierte, intensive Beweidung) - Nutzung im 3- Wochenrhythmus. Zur Erfassung des Zuwachses zwischen den Schnittterminen wurden zusätzlich im 2- bzw. 3- Wochenrhythmus Aufwuchsproben genommen. Pro Parzelle wurde 4 x ¼ m<sup>2</sup> auf 1 cm Höhe über dem Erdboden geschnitten. Die Triebdichten der Hauptbestandbildner *Stipa grandis* und *Leymus chinensis* (beide ca. 30%) wurden mit Hilfe eines Zählrahmens an 12 Punkten pro Parzelle, gleichzeitig mit den Aufwuchsbeprobungen, ausgezählt. Nach der letzten Beprobung wurden Wurzelproben (15 cm Bohrtiefe) an 10 Punkten pro Parzelle genommen. Die Aufwuchsproben wurden bei 60°C für 24 Stunden getrocknet und im Anschluss mit einer Zentrifugalmühle auf 1 mm vermahlen. Die Wurzelproben wurden gefriergetrocknet und in gleicher Weise vermahlen. Alle Proben wurden per Nah-Infrarot-Spektrometer (NIRS) gescannt und der N-Gehalt, nach Analyse einer Probenauswahl mittels C/N-Analyzer, für alle Proben mit NIRS geschätzt. Einzelbeobachtungen wurden einer Varianzanalyse unterzogen und die Mittelwerte bei signifikantem F-Wert ( $P < 0,05$ ) mittels Student-t-Test geprüft, anschließend die Irrtumswahrscheinlichkeiten nach Bonferroni-Holm korrigiert. Beide Jahre wurden unabhängig von einander ausgewertet.

---

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

<sup>1</sup> Institute of Botany, The Chinese Academy of Science, 100093 Beijing, V.R. China

## Ergebnisse und Diskussion

Im Jahr 2004 erzielte BI einen Ertrag von 2,0 t/ha (Tab. 1), in BII und BIII konnten die Erträge signifikant auf 2,7 bzw. 2,8 t/ha gesteigert werden. In 2005 fiel in allen Behandlungen der Ertrag geringer aus: in BI konnten 0,9 t/ha geerntet werden, in BII 1,0 t/ha und in BIII 1,6 t/ha. Alle Behandlungen waren signifikant verschieden von einander. Der N-Ertrag war in 2005 ebenfalls geringer als 2004, was unmittelbar mit dem geringeren Ertrag und geringeren N-Konzentrationen zu erklären ist.

**Tab. 1:** Kumulierter Ertrag (kg/ha) und kumulierter N-Ertrag (kg/ha) 2004 und 2005

	Ertrag (kg/ha)				N-Ertrag (kg/ha)			
	BI	BII	BIII	SE	BI	BII	BIII	SE
<b>2004</b>	2042 <sup>b</sup>	2723 <sup>a</sup>	2773 <sup>a</sup>	95,1	28,5 <sup>c</sup>	48,8 <sup>b</sup>	60,2 <sup>a</sup>	1,65
<b>2005</b>	865 <sup>c</sup>	998 <sup>b</sup>	1581 <sup>a</sup>	24,4	12,1 <sup>c</sup>	19,2 <sup>b</sup>	28,3 <sup>a</sup>	0,53

unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante ( $P < 0,05$ ) Unterschiede innerhalb eines Jahres

Die Ertragsunterschiede zwischen den Jahren sind durch die in 2005 um 140 mm geringere Niederschlagsmenge in der Vegetationsperiode zu erklären. In einer Untersuchung von Xiao et al. (1995) an einem vergleichbaren Standort, konnten 70% der Variation im Ertrag mit der Niederschlagsmenge in der Vegetationsperiode erklärt werden. Die Triebdichten waren 2005 wesentlich geringer als 2004 (Tab. 2). Zwischen den Behandlungen konnten keine signifikanten Unterschiede gemessen werden, wohl aber zwischen den Beprobungsterminen.

**Tab. 2:** Mittlere Triebdichten (Triebe/m<sup>2</sup>) 2004 und 2005

	<i>Stipa grandis</i>		<i>Leymus chinensis</i>	
	2004	2005	2004	2005
Anfang Juni	2335 <sup>a</sup>	846 <sup>a</sup>	879 <sup>a</sup>	260 <sup>a</sup>
Mitte Juli	1012 <sup>b</sup>	947 <sup>a</sup>	334 <sup>b</sup>	257 <sup>a</sup>
Anfang September	870 <sup>b</sup>	553 <sup>b</sup>	230 <sup>b</sup>	134 <sup>b</sup>
SE	199,5	115,7	53,2	18,3

unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante ( $P < 0,05$ ) Unterschiede innerhalb der Arten u. Jahre.

Bei der Wurzelmasse (Tab. 3) zeigte sich 2004 kein signifikanter Einfluss der Nutzung. In 2005 ließ sich, bei insgesamt reduzierter Wurzelmasse, ein Rückgang für BII statistisch sichern, für BIII die Tendenz ( $P < 0,1$ ).

**Tab. 3:** Wurzelmassen (g TM/m<sup>2</sup>) bis 15 cm Tiefe im September

	BI	BII	BIII	SE
<b>2004</b>	1660	1781	1617	267,2
<b>2005</b>	1448 <sup>a</sup>	1095 <sup>b</sup>	1152 <sup>ab</sup>	77,43

unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante ( $P < 0,05$ ) Unterschiede innerhalb eines Jahres.

Die Parameter Ertrag und N-Ertrag, sowie die Wurzelmasse zeigen kurzfristige Veränderungen in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität. Bei der Triebdichte ist bislang keine Reaktion auf die gesteigerten Nutzungsintensitäten zu erkennen, womit die Eignung als kurzfristig wirkender Degradationsindikator fraglich ist. Für alle Parameter gilt, dass nach zwei Versuchsjahren noch keine klar gerichteten Veränderungen erkennbar sind. Die Arbeiten werden fortgesetzt.

## Literatur

Xiao, X.M., Wang, Y.F., Jiang, S., Ojima, D.S. und Bonham, C.D. (1995): Interannual variation in the climate and above-ground biomass of *Leymus chinense* steppe and *Stipa grandis* steppe in the Xilin river basin, Inner Mongolia, China. Journal of Arid Environments 31, 283-299.

## Nährstoffmanagement in geschützten Grünlandarealen am Beispiel eines Niedermoorgebietes mit dem Vorrang Wiesenvogelschutz

Jürgen Müller<sup>1</sup>, Kirsten Seidel<sup>2</sup>, Manfred Kayser<sup>2</sup> & Stefan Kesting<sup>3</sup>

### Einleitung

Beim Schutz abiotischer Ressourcen spielt die Kontrolle von Nährstoffmengen und -konzentrationen eine zentrale Rolle. Im praktischen Naturschutz ist der gezielte und differenzierte Umgang mit Stoffströmen hingegen selten anzutreffen (Müller 2002). Am Fallbeispiel des „Osterfeiner Moores“, eines als Grünland genutzten Niedermoorgebietes in der Dümmeriederung (Niedersachsen) soll exemplarisch untersucht werden, welchen Einflüssen der Nährstoffstatus im Zuge der Wiedervernässung und Extensivierung der Grünlandnutzung unterliegt und welche Schlussfolgerungen daraus für einen gezielten Umgang mit den Makronährstoffen im Sinne des Schutzziels bei Aufrechterhaltung einer landwirtschaftlichen Nutzung gezogen werden können.

### Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet mit einer Größe von 180 ha wurde entsprechend der Nutzungsstrukturen in 54 Bewirtschaftungseinheiten unterteilt. Beginnend mit dem Jahre 1999 sind bis 2005 Aufzeichnungen über die Art der Flächennutzung geführt worden, deren einzelne Merkmale Tabelle 1 zu entnehmen sind.

Auf dieser Basis wurden Auswertungen vorgenommen, deren Ziel es war, die für den Nährstoffhaushalt relevanten Größen in ihrer Abhängigkeit von der standörtlichen Prädisposition einerseits und dem Flächenmanagement andererseits darzustellen.

Tabelle 1: Untersuchungsumfang und Erfassung der Merkmale

Merkmalskategorie	Merkmal	Methode	Bemerkungen
Boden	Gehalte an den Makronährstoffen P, K, Mg und pH-Wert	P und K: DL-Methode Mg: CaCl <sub>2</sub> -Auszug pH-Wert in Wasser	Proben aus 0-10 cm Tiefe nach VDLUFA/BUD Richtlinien; Herbst 1999, 2003 und 2005
	Torfmächtigkeit und Bodenzustand	Abbohren mit Klappsonden	Flächendeckende Datenerfassung und Kartierung durch BTI Bremen
	Grundwasserstand	Messrohre; Datalogger	
Flächennutzung	Ertrag an TM	Erfassung durch Landwirt	Anzahl Rundballen, z.T. gewogen
	Weideleistung	Weidetagebücher	Tierwägungen vor Auf- und nach Abtrieb
	Nährstoffgehalte und -entzüge	Weender Analyse + ELOS	Im Falle von NS-Retentionen und bei Lücken pauschaliert nach Richtwerten

### Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Bodenuntersuchung von 1999 für verschiedene Arten der Flächennutzung und nach der Torfmächtigkeit klassifiziert. Bei den drei untersuchten Makronährstoffen zeigt sich eine Tendenz zu höheren Gehalten bei Flächen mit Weidenutzung,

<sup>1</sup> Universität Rostock, Institut f. Landnutzung, Justus-von-Liebig-Weg 6 in 18059 Rostock

<sup>2</sup> Universität Göttingen, Forschungszentrum f. Veredelungswirtschaft, Driverstr. 22 in 49377 Vechta

<sup>3</sup> Universität Göttingen, Dept. f. Nutzpflanzenwissenschaften, Von-Siebold-Str. 8 in 37075 Göttingen

die Nutzung als Wiese korrespondiert mit den geringsten Nährstoffgehalten, die Nutzung als Mähweide nimmt eine Mittelstellung ein.

Die Gehalte an Phosphor und Magnesium zeigen mit zunehmender Torfmächtigkeit deutlich steigende Tendenzen, beim Kalium ist das nicht der Fall. Ursache dafür dürfte neben der bekannten Auswaschungsneigung des Kaliums die Tatsache sein, dass flachgründige Teilflächen zwar ein geringeres Mineralisationsreservoir aufweisen, aber aufgrund der vergleichsweise weiter fortgeschrittenen Vererdung Kalium stärker zu binden vermögen (Kuntze 1984).

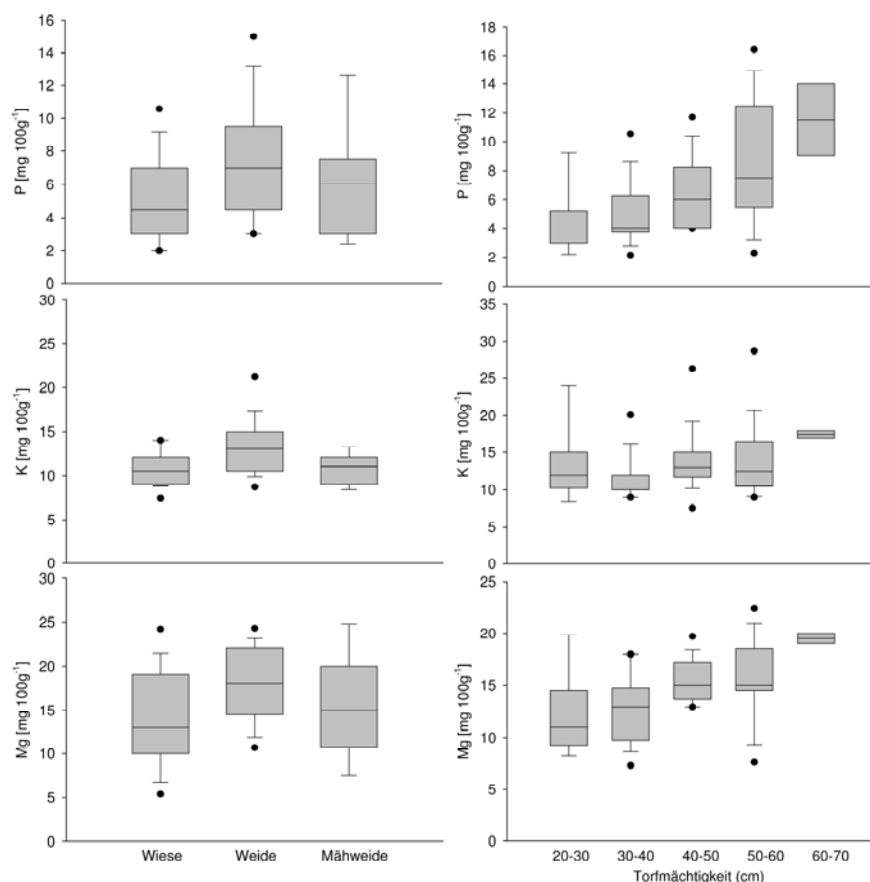


Abbildung 1: Einfluss der Nutzungsart und der Torfmächtigkeit auf die Nährstoffgehalte des Oberbodens (0-10 cm) im Osterfeiner Moor

### Schlussfolgerungen

Die Nährstoffsituation des Standortes erweist sich als ein Faktor, der den Schutz der biotischen Ressourcen durchaus betrifft. Insbesondere auf eher trockenen Teilbereichen kann es bei einem weiteren Rückgang der Gehalte über den gewünschten Deeutrophierungsgrad hinaus zu einer Verarmung der Flächen kommen, die sowohl die Habitatsicherung durch landwirtschaftliche Nutzung als auch die Nahrungsgrundlage für juvenile Wiesenbrüter gefährdet (Altenburg & Wymenga 1998).

### Literatur

- Altenburg, W., Wymenga, E., (1998): Onderzoek naar de achteruitgang van Weidevogels in het Natuurreservaat De Gouden Bodem. - A&W-rapport 170, Veenwouden.
- Kuntze, H., (1984): Bewirtschaftung und Düngung von Moorböden.- Berichte des Bodentechnologischen Instituts des NLFb, Bremen
- Müller, J., (2002): Konzept zum Nährstoffmanagement in geschützten Grünlandgebieten. Landnutzung und Landentwicklung 42 (6), S. 284-287.

## Abschätzung der Ausnutzung von organischem und mineralischem N-Dünger auf Dauergrünland mit Hilfe der Differenzmethode und der <sup>15</sup>N-Stabilisotopenmethode

David U. Nannen, Klaus Dittert<sup>1</sup>, Ralf Loges & Friedhelm Taube

### Einleitung

Die Berechnung der Düngerausnutzung kann sowohl über Tracer ermittelt werden (fertilizer nitrogen recovery FNR), als auch über N-Ertragsdifferenzen (apparent nitrogen recovery ANR). Jedoch sind beide Methoden systematischen Fehlern unterworfen (RAO, 1992), welche auf humosen Böden sehr ausgeprägt sein können. Ziel dieser Arbeit war es, mittels beider Methoden die Ausnutzung von mineralischem und organischem Stickstoffdünger auf Dauergrünland zu ermitteln, um genauere Kenntnisse von N-Flüssen im System Boden-Pflanze zu erlangen und Anwendungsempfehlungen abzuleiten.

### Material und Methoden

Der Dauergrünland-Versuch wurde 1997-2001 auf dem Versuchsgut Karkendamm durchgeführt. <sup>15</sup>N markierte Rindergülle (70 kg N ha<sup>-1</sup>; 0.7202 at% <sup>15</sup>N) und <sup>15</sup>N markierter Mineraldünger (0/100/200/300 kg N ha<sup>-1</sup>; 1.4426 at% <sup>15</sup>N) wurden 2000 und 2001 im Nutzungssystem Mähweide II (2 Schnitte + Nachweide) bzw. im Schnittnutzungssystem (4 Schnitte) ausgebracht; der Mineraldünger wurde in Teilgaben appliziert. Zur markierten Gülle wurde zusätzlich unmarkierter Mineraldünger ins System gebracht, analog dazu wurde in den markierten Mineraldüngervarianten zusätzlich unmarkierte Gülle gegeben; weitere Einzelheiten sind bei TROTT *et al.*, (2004) beschrieben.

Das Probenmaterial wurde homogenisiert und massenspektrometrisch auf <sup>15</sup>N-Gehalte analysiert (delta C, ThermoFinnigan, Bremen, Germany); die N-Gehalte wurden nach Kalibration über NIRS geschätzt. Die Berechnung der FNR erfolgte nach HAUCK & BREMNER (1976). Die Berechnung der ANR erfolgte angelehnt an WAGNER (1954), jedoch wurde die ANR kumulativ betrachtet, weil nicht zwischen Haupt- und Nachwirkungen einzelner Düngergaben unterschieden werden konnte. Da die Stabil-Isotopen-Methode *per se* die N-Fixierung von Leguminosen (BNF) berücksichtigt, musste die ANR ebenfalls um diesen Faktor korrigiert werden, der nach dem empirische Ansatz von TROTT *et al.* (2004) berechnet wurde. Somit ergibt sich für die kumulative ANR bis zur Nutzung n:

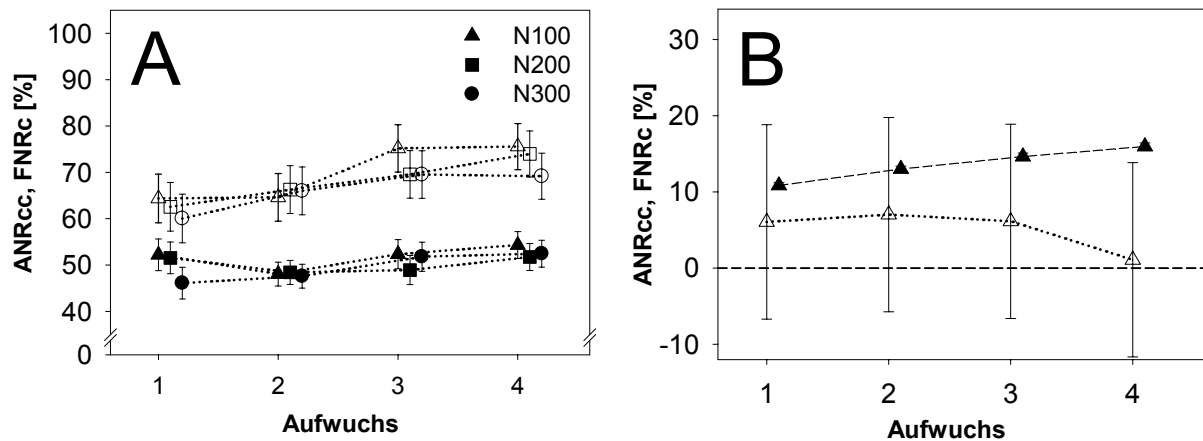
$$\text{ANRcc}(n) = [(\sum N_{Y\text{fert}} - \sum \text{BNF}_{\text{fert}}) - (\sum N_{Y\text{unfert}} - \sum \text{BNF}_{\text{unfert}})] / \sum F_{\text{appl}} * 100$$

mit ANRcc = kumulative korrigierte N-Ausnutzung [%];  $N_{Y\text{fert}}$  = kumulierter N-Ertrag der gedüngten Variante bis Nutzung n [kg N ha<sup>-1</sup>];  $N_{Y\text{unfert}}$  = kumulierter N-Ertrag der korrespondierenden Behandlung ohne Dünger [kg N ha<sup>-1</sup>];  $F_{\text{appl}}$  = kumulierte applizierte Düngermenge bis Nutzung n [kg N ha<sup>-1</sup>]

Um beide Methoden miteinander zu vergleichen, wurde die FNR ebenfalls kumulativ dargestellt  $\text{FNRC}(n) = [(\sum N_{\text{dff}} * N_Y) / F_{\text{appl}}] * 100$

## Ergebnisse und Diskussion

Bei der Ausnutzung des Mineraldüngers zeigte die FNR lediglich Unterschiede zwischen den einzelnen Aufwüchsen. Gemittelt über alle N-Stufen betrug die FNR 49.7%, 14.6%, 10.8% und 4.7% für den 1. bis 4. Aufwuchs. Bei kumulativer Betrachtung konnten bei der FNRc ebenfalls nur Aufwuchseffekte abgesichert werden, bei der ANRcc hingegen Effekte von Aufwuchs und organischer Düngung, jedoch nicht deren Interaktion. Die ANRcc lag im Mittel über alle N-Stufen bei 62.3%, 65.6%, 71.4% und 72.9% für den 1. bis 4. Aufwuchs, die FNRc bei einem durchschnittlichen Jahresendwert von 52.8%. Der Vergleich beider Methoden zeigte, dass die Werte der ANRcc höher lagen als die der FNRc (Abb.1A).



**Abbildung 1:** ANRcc (offene Symbole) und FNRc (geschlossene Symbole) von Mineraldünger (A) und von Gülle (B). Fehlerbalken stellen Standardfehler dar.

Bei Gülle lag die über die Stabilisotopen-Methode berechnete Düngerausnutzung mit 10.8%, 2.2%, 1.6% und 1.3% für die Aufwüchse 1 bis 4 deutlich unter den Ergebnissen anderer Studien. Auch hier konnte lediglich ein signifikanter Effekt des Faktors Aufwuchs abgesichert werden. Bei Betrachtung der ANRcc der Gülle konnten keine Effekte abgesichert werden. Vergleicht man die Methoden, so lagen die Jahresendwerte der FNRc höher (16%) als die der ANRcc (1.1%) (Abb.1B).

Die Standardfehler (S.E.) der FNRc waren signifikant geringer als die der ANRcc. Insbesondere bei der Gülleaussnutzung weisen die hohen S.E. (12.8) der ANRcc auf wenig verlässliche Schätzungen hin.

Die über zwei Jahre abgesicherten N-Ausnutzungen der Gülle auf humosem Sand liegen erheblich niedriger als die veranschlagte jährliche N-Ausnutzung gemäß Düngeverordnung.

## Literatur

- Hauck R.D. & Bremner J.M. (1976). Use of tracers for soil and fertilizer nitrogen research. *Adv. Agron.*, 28, 219-266.
- Rao A.C.S., Smith J.L., Parr J.F. & Papendick R.I. (1992). Considerations in estimating nitrogen recovery efficiency by the difference and isotopic dilution methods. *Fert. Res.*, 33, 209-217.
- Trott H.T., Wachendorf M., Ingwersen B., & Taube F. (2004). Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. *Grass Forage Sci.*, 59, 41-55.
- Wagner R.E. (1954). Legume nitrogen versus fertilizer nitrogen in protein production of forage. *Agron. J.*, 46, 233-237.

## Endogene Stickstoff-Verwertungseffizienz als Indikator zur Ableitung von Düngungsempfehlungen für intensiv genutztes Grünland

Katharina Treyse &amp; Friedhelm Taube

### Einleitung

Optimale Stickstoff (N)-Düngungsempfehlungen für Grünland werden bislang aus Grenzertragsanalysen abgeleitet, ohne dass eine Berücksichtigung der Ansprüche des Wiederkäuers (optimale Rohproteingehalte (RP)) erfolgt. Durch den Indikator endogene N-Verwertung (NyUE ( $\text{kg TM kg}^{-1} \text{N}_{\text{aufgenommen}}$ )) wird der inverse RP-Gehalt in die Ableitung von N-Empfehlungen integriert. Vor diesem Hintergrund wurden Feldversuche aus dem 'N-Projekt-Karkendamm' hinsichtlich dieser Kenngröße ausgewertet, um Empfehlungen für optimale N-Intensitäten abzuleiten.

### Material und Methoden

Die Untersuchung wurde auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der CAU Kiel in den Jahren von 1997-2001 durchgeführt. In den geprüften Varianten (Grünlandbestände mit 15-35% Weißkleeanteil) wurden sowohl die Nutzungsform (Weide (W); 1 Schnitt + Nachweide (MW I); 2 Schnitte + Nachweide (MW II); 4 Schnitte (S)) als auch die mineralische (0, 100, 200, 300  $\text{kg N ha}^{-1}$ ) und organische Düngungsintensität (0, 20  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  Rindergülle zu Vegetationsbeginn) variiert. Die Applikationsmengen der mineralischen N-Düngung sind in Tab. 1 zusammengestellt. Genaue Versuchsbeschreibungen finden sich in Trott et al. (2004). Die varianzanalytische Verrechnung der Daten erfolgte durch die Prozedur 'mixed model' des Programmpaketes SAS unter Annahme einer heterogenen, autoregressiven Kovarianzstruktur.

**Tab.1** Mineralische N-Stufen der Nutzungssysteme

Nutzungs- system	Gesamt	min. N Düngung ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) zu den Aufwüchsen						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Weide</b>	0	-	-	-	-	-	-	-
	100	50	50	-	-	-	-	-
	200	50	50	50	50	-	-	-
	300	80	80	80	60	-	-	-
<b>MW 1/2; Schnitt</b>	0	-	-	-	-	-	-	-
	100	70	30	-	-	-	-	-
	200	100	50	50	-	-	-	-
	300	130	70	50	50	-	-	-

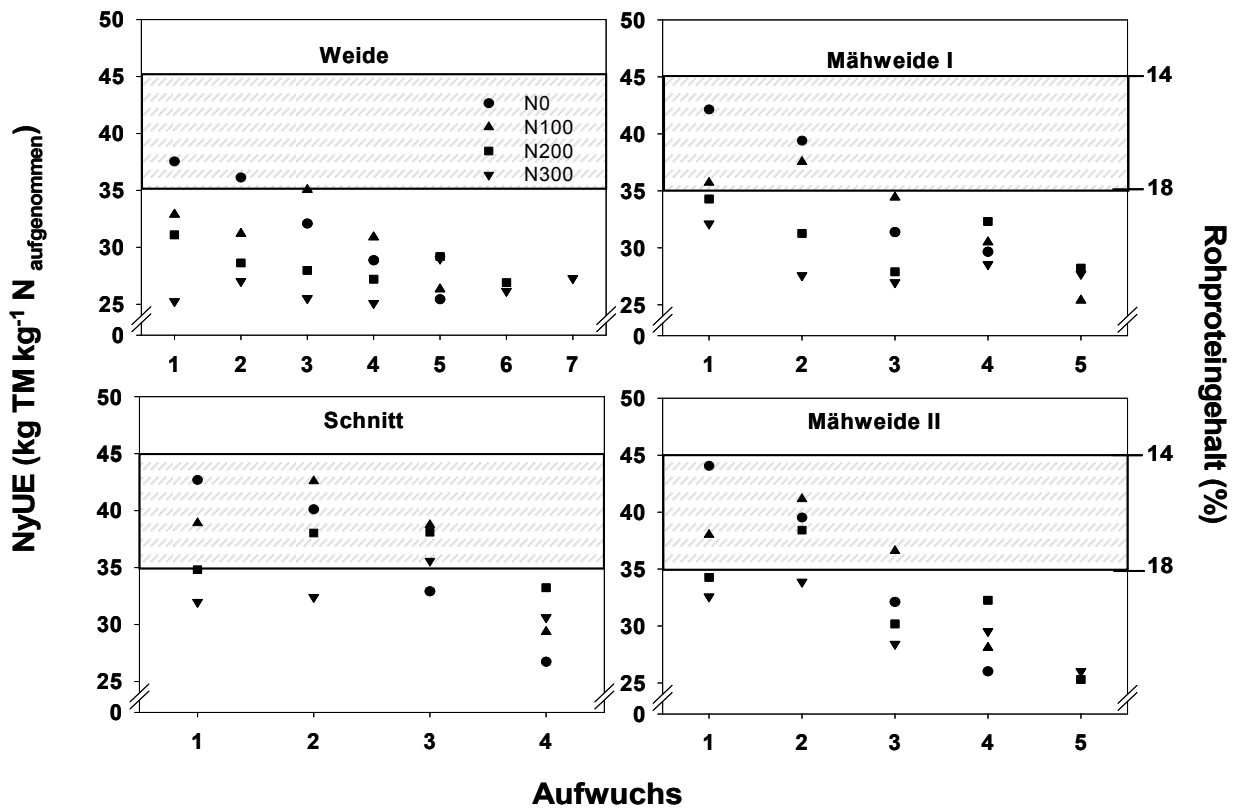
### Ergebnisse und Diskussion

Die im Frühjahr einmalig applizierte Gölledüngung zeigte in der statistischen Verrechnung keinen signifikanten Einfluss, so dass die NyUE-Werte im Mittel über die Varianten mit bzw. ohne Gölledüngung dargestellt sind. In allen Nutzungssystemen zeigt sowohl die N-Stufe als auch der Aufwuchs als Haupteffekt und in Wechselwirkung einen hochsignifikanten Einfluss auf die NyUE. Die als optimal beschriebenen NyUE-Werte (vgl. Vellinga et al., 2004) von 35-45  $\text{kg TM kg}^{-1} \text{N}_{\text{aufg.}}$  sind bei Weidehaltung lediglich bei einer maximalen N-Intensität  $<100 \text{ kg N ha}^{-1}$  einzuhalten (vgl. Tab.2). Schnittnutzung ist durch eine höhere Verwertung

charakterisiert (100/50/50 kg N zum 1/2/3 Aufwuchs), so dass jährliche N-Intensitäten  $<200 \text{ kg N ha}^{-1}$  bei optimalen Rohproteingehalten in Ertrag umgesetzt werden. Eine N-Intensität von  $\sim 80 \text{ kg}$  zum 1. und  $\sim 40 \text{ kg N ha}^{-1}$  zum 2. Aufwuchs liegen für die Mähweide I im optimalen Bereich, während die Mähweide II zum 2. Aufwuchs bis zu  $\sim 70 \text{ kg N ha}^{-1}$  in Ertrag umsetzen kann. Die aus der NyUE abgeleiteten jährlichen N-Intensitäten liegen für alle Systeme deutlich unterhalb der für die Praxis angegebenen Richtwerte.

**Tab. 2** Vergleichende Darstellung der optimalen N-Intensitäten unter Berücksichtigung der optimalen NyUE bzw. der Grenzerträge (LWK SH).

Nutzungssystem	NyUE	Richtwerte der Düngung
Weide	$<100 \text{ kg N}$	180-220 kg N
Mähweide I	$<120 \text{ kg N}$	200-240 kg N
Mähweide II	$<150 \text{ kg N}$	220-280 kg N
Schnitt	$<200 \text{ kg N}$	240-280 kg N



**Abb. 1** Endogene N-Verwertung für die untersuchten Nutzungssysteme im Jahresverlauf für die jeweiligen N-Stufen (0, 100, 200, 300 kg N ha<sup>-1</sup>).

Der endogenen N-Verwertung kommt eine Indikatorfunktion im Sinne der guten fachlichen Praxis zu, da mit diesem Parameter optimale pflanzenbedarfsgerechte N-Düngungsempfehlungen für Grünland unter Berücksichtigung der Ansprüche des Wiederkäuers abgeleitet werden können.

### Literatur

TROTT, H., WACHENDORF, M., INGWERSEN, B. & F. TAUBE, 2004: Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. *Grass and Forage Sci.*, 59, 41-55.

VELLINGA, TH.V., ANDRE, G., SCHILS, R.L.M. & O. OENEMA, 2004: Operational nitrogen fertilizer management in dairy farming systems: identification of criteria and derivation of fertiliser application rates. *Grass and Forage Sci.*, 59, 364-377.



## Nährstoffbilanzen zur Prognose von Biodiversität auf beweidetem Grünland

Nicole Wrage<sup>1</sup>, Nurdan Sahin<sup>1,2</sup>, Klaus-Ulrich Röver<sup>1</sup>, Martina Hofmann<sup>1,3</sup> & Johannes Isselstein<sup>1</sup>

### Einleitung

Pflanzliche Biodiversität entwickelt sich in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren, u.a. der Verfügbarkeit von Nährstoffen (Janssens et al., 1998; Critchley et al., 2002). Herkömmliche Nährstoffbilanzen, z.B. Bodenoberflächenbilanzen, gehen von einer gleichmäßigen Verteilung von Nährstoffinput und -output aus. Dies ist für beweidete Systeme nicht realistisch. Daher haben wir Bilanzen für verschiedene Weidebereiche berechnet: Bereiche mit Kuhfladen (im selben Jahr nicht beweidet), Bereiche mit Harnflecken (normal beweidet), und Bereiche ohne Exkremete (normal beweidet). Es wird überprüft, ob diese Teilbilanzen besser in der Lage sind, Prognosen über die Entwicklung der pflanzlichen Biodiversität aufzustellen.

### Material und Methoden

Als Grundlage der Berechnungen diente ein mehrjähriger Standweideversuch mit Ochsen, der im Rahmen des EU-Projektes FORBIOBEN am Versuchsgut der Universität Göttingen, Relliehausen (Solling), durchgeführt wurde (Sahin, 2005; Röver, 2006). Zwei Behandlungen wurden verglichen: eine mäßig intensive Beweidung mit einer Zielnarbenhöhe von 6 cm (ca. 4 Rinder pro Hektar) und eine extensive Beweidung mit einer Zielnarbenhöhe von 12 cm (ca. 2 Rinder pro Hektar). Die Beweidung erfolgte mit Fleckviehbullen in dreifacher Wiederholung auf 1 ha großen Parzellen (Standweide). Die Weidesaison dauerte ca. 180 Tage.

Die Nährstoffaufnahme der Tiere wurde über deren Energieverbrauch (Baker, 2004) und den Energiegehalt des Aufwuchses (Schmidt et al., 2004) ermittelt. Die Exkretion von Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) in Kot und Harn wurde nach verschiedenen Methoden als Fraktion der aufgenommenen Nährstoffmengen oder aus Literaturdaten berechnet (Wrage et al., in prep.). Nährstoffdepositionsdaten wurden vom NLWKN erhalten, die N-Fixierung nach Weissbach (1995) geschätzt. Die erhaltenen Ergebnisse zur räumlichen Verteilung der Nährstoffe wurden mit drei Aufnahmen der botanischen Zusammensetzung pro Jahr auf 10 Teilflächen (je 1m<sup>2</sup>) pro Parzelle (Sahin, 2005) verglichen.

### Ergebnisse und Diskussion

Bodenoberflächenbilanzen zeigten für alle drei Untersuchungsjahre für beide Behandlungen Überschüsse für N (35 bis 83 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), aber Defizite für P und K (0,3 bis -6 kg P ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> bzw. -25 bis -36 kg K ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>). Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen.

Die Teilbilanzen zeigten signifikante Unterschiede zwischen Weidebereichen unter Kuhfladen, solchen unter Harnflecken und dem Rest der Fläche. Wenn die Werte auf einen Hektar hochgerechnet wurden, ergaben sich für N die größten Überschüsse auf Flächen unter Kuhfladen (800 bis 1180 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), gefolgt von Harnstellen

---

<sup>1</sup> Abteilung Graslandwissenschaft, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

<sup>2</sup> Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Universität Ankara, Diskapi, Ankara, Türkei

<sup>3</sup> Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat 64, Christgrün 13, 08543 Pöhl

(650 bis 950 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>). Die beweideten Bereiche wiesen in Abhängigkeit von der Leguminosenausbreitung N-Überschuss oder -Defizit auf (-40 bis +30 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>). Für K ergab sich ein ähnliches Bild, allerdings mit höchsten Überschüssen unter Harnflecken und deutlichem Defizit für den nicht von Exkrementen betroffenen Teil der Fläche (300 bis 450 kg K ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> unter Kuhfladen, 970 bis 1500 unter Harnflecken und -30 bis -150 unter dem Rest der Fläche). Die Teilbilanzen für P unterschieden sich von den anderen dadurch, dass sich auch unter Harnflecken negative Bilanzen ergaben (400 bis 700 kg P ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> unter Kuhfladen, -14 bis +5 unter Harnflecken und -4 bis -22 für den Rest der Fläche). Für die Teilbilanzen ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen Behandlungen, mit größeren Überschüssen und Defiziten auf den intensiver beweideten Parzellen.

Die Übereinstimmung der Bodenoberflächenbilanzen zwischen den beiden Behandlungen würde erwarten lassen, dass sich die Vegetation nicht grundsätzlich unterschiedlich entwickelt, wenn andere hier nicht untersuchte Einflüsse, z.B. selektives Grasens oder Trittschäden, vernachlässigt werden. Im Gegensatz dazu lassen die Teilbilanzen durchaus Unterschiede erwarten. So sind die Bereiche, die von Exkrementen betroffen sind, auf intensiver beweideten Flächen größer, was auf eine zunächst höhere Ebenmäßigkeit auf den intensiveren Flächen schließen lässt. Die Vegetationserhebungen ergaben tatsächlich eine höhere Ähnlichkeit (Bray-Curtis Index) zwischen Teilflächen auf den intensiveren Parzellen. Da Inputs und Outputs auf den intensiver genutzten Flächen größer sind und die Zeit zwischen Düngungsereignissen kürzer ist, wird erwartet, dass sich die Vegetation auf diesen Flächen dynamischer entwickelt als auf den extensiver genutzten Flächen. Dies soll in den kommenden Jahren durch Vegetationsanalysen nachgeprüft werden. Ob dem Boden durch Beweidung P (großflächig aber in kleinen Mengen), sowie K und N (kleinflächiger aber in großen Mengen) entzogen werden können, hängt von der Intensität der Beweidung sowie der Verteilung der Exkremente auf der Fläche ab. Teilbilanzen für Weidebereiche mit Kuhfladen, Harnflecken oder ohne Exkremente sind besser als Oberflächenbilanzen der Gesamtfläche geeignet, hierüber Vorhersagen zu machen.

## Literatur

- Baker, R. D. 2004. Estimating herbage intake from animal performance. In P. D. Penning [ed.], *Herbage Intake Handbook*, 191. British Grassland Society, Reading.
- Critchley, C. N. R., B. J. Chambers, J. A. Fowbert, A. Bhogal, S. C. Rose, and R. A. Sanderson. 2002. Plant species richness, functional type and soil properties of grasslands and allied vegetation in English Environmentally Sensitive Areas. *Grass and Forage Science* 57: 82-92.
- Janssens, F., A. Peeters, J. R. B. Tallowin, J. P. Bakker, R. M. Bekker, F. Fillat, and M. J. M. Oomes. 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant and Soil* 202: 69-78.
- Röver, K.-U. 2006. Grazing behaviour and performance of beef cattle on grassland managed for biodiversity benefits. PhD thesis, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen.
- Sahin, N. 2005. Vegetationsentwicklung und Weideleistung von Grasland bei extensiver Beweidung mit Ochsen. PhD thesis, Georg-August University, Göttingen.
- Schmidt, L., T. Hoppe, and F. Weissbach. 2004. Anwendung der Kotstickstoff- und der n-Alkan-Methode zur Ermittlung der Futter- und Energieaufnahme von Jungrindern auf der Weide. *Landbauforschung Völkenrode* 54: 35-44.
- Weissbach, F. 1995. Über die Schätzung des Beitrags der symbiontischen N<sub>2</sub>-Fixierung durch Weißklee zur Stickstoffbilanz von Grünlandflächen. *Landbauforschung Völkenrode* 45: 67-74.
- Wrage, N., N. Sahin, K.-U. Röver, M. Hofmann, and J. Isselstein. in prep. Grazing pressure and sward diversity: What can we learn from nutrient balances?

## Auswirkungen von Zwischenfrüchten auf die Wasserbilanz im semiariden Produktionsgebiet

Gernot Bodner, Alexandra Strauss-Sieberth<sup>1</sup>, Willibald Loiskandl<sup>1</sup> & Hans-Peter Kaul

### Einleitung

Der Anbau von Zwischenfrüchten ist eine verbreitete agro-ökologische Maßnahme zur Reduktion von Bodenerosion und Nitrateinträgen in das Grundwasser während der Zwischenbrachezeit. Besonders für aride und semiaride Produktionsgebiete ist die Kenntnis der Einflüsse von Begrünungen auf den Bodenwasserhaushalt entscheidend. Bodenhydrologische Feldmessstellen ermöglichen über die kontinuierliche Erfassung von Wasseranteil und Wasserspannung die quantitative Untersuchung der Wasserbewegung. Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine erste Darstellung und Bewertung des Zwischenfruchteinflusses auf die Bodenwasserflüsse anhand von Messdaten eines „virtuellen Lysimeters“ (Kastanek et al., 2002).

### Material und Methoden

Im Rahmen eines Feldversuches zur Wasserbilanz von Zwischenfrüchten wurde im August 2005 eine hydrologische Feldmessstelle errichtet. Konzept und Aufbau sind bei Bodner et al. (2005) beschrieben. Der Versuchsstandort Hollabrunn zählt zum semiariden Produktionsgebiet mit Jahresmitteltemperaturen von 9,4°C und mittleren Niederschlägen von 491 mm. Die Versuchsfläche ist ein kalkhaltiges Tschernosemkolluvium. Erste Ergebnisse werden für die Zwischenfrüchte Phacelia und Winterwicke im Vergleich zu Schwarzbrache während der Hauptwachstumszeit der Begrünungen zwischen September und November 2005 gezeigt. Die Messung der Wasserspannung erfolgte in vier Tiefenstufen mit Watermark Sensoren. Der Wasseranteil wurde über kapazitive Rohrsonden (C-Probe) in denselben Tiefen gemessen. Die Zwischenfrucht-Biomasse wurde im November 2005 beprobt. Witterungsdaten werden kontinuierlich über eine automatische Wetterstation aufgezeichnet.

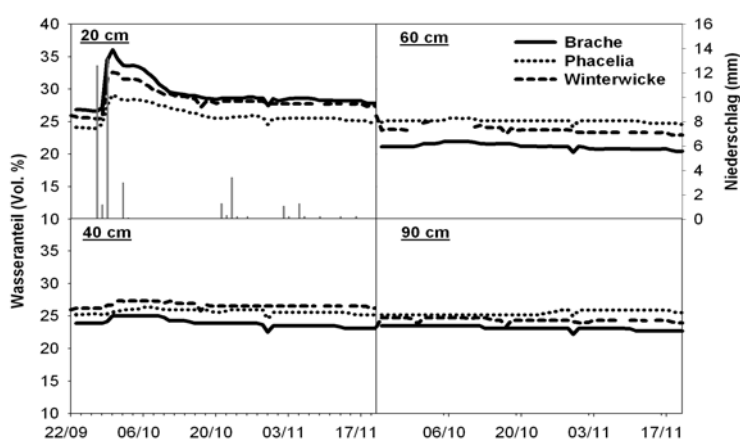
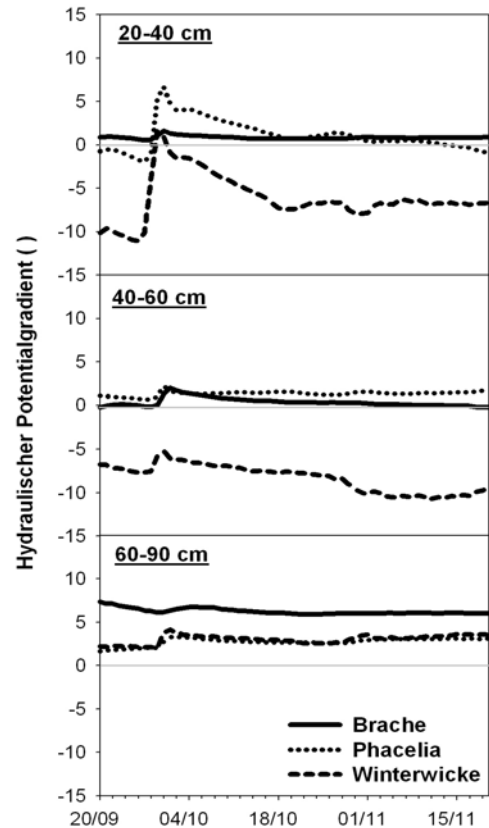


Abb. 1: Wasseranteilsverlauf

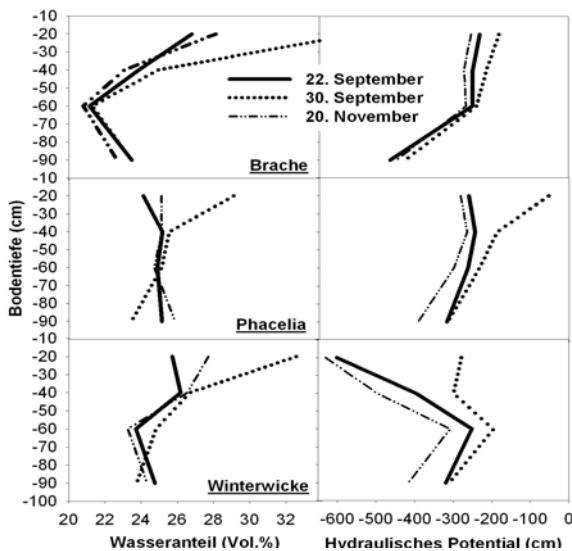
### Ergebnisse und Diskussion

Der oberirdische Aufwuchs betrug 10,1 dt Trockenmasse ha<sup>-1</sup> bei Phacelia und 19,8 dt ha<sup>-1</sup> bei Winterwicke. Abb. 1 zeigt den Verlauf des Wasseranteils. Die Niederschläge (36,9 mm) während des betrachteten Zeitraumes zeigten kaum Einflüsse auf den Wasseranteil unter 20 cm Bodentiefe. Der Gesamtpotentialgradient (Abb. 2) zwischen den einzelnen Messtiefen zeigt die Richtung der Wasserflüsse im System. Ein positiver Gradient bedeutet nach unten gerichtete Flüsse. Brache

zeigte einen beinahe gleich bleibenden Verlauf mit geringfügig positiven Gradienten in allen Tiefen. Phacelia zeigte im Oberboden bis zum Auftreten stärkerer Niederschläge (27. - 29. September: 25,3 mm) eine nach oben gerichtete Wasserbewegung. Bei Wicke dagegen lag die Wasserscheide erst zwischen 60 und 90 cm Bodentiefe. Abb. 3 stellt den Wasseranteils- und Gesamtpotentialverlauf im Profil vor und nach den Niederschlägen Ende September sowie am Ende des betrachteten Zeitraums dar. Die Wasseranteilsverteilung der Zwischenfrüchte zeigte im Vergleich zur Brache in 20 cm Bodentiefe einen anfänglich aufgrund des Wasserentzugs geringeren Wasseranteil als in 40 cm. Darunter ist die Wasseranteilsverteilung bei Phacelia sehr homogen. Die geringen Potentialgradienten lassen auch wenig Wasserbewegung erwarten. Bei Wicke ist aufgrund der Potentialverteilung Wasserentzug bis 60 cm zu erwarten. Die Niederschläge Ende September drangen bei Wicke nur bis 40 cm Bodentiefe ein, wo die Potentialverteilung eine Wasserscheide zeigt. Brache und Phacelia wiesen nach dem Niederschlag eine durchgängig nach unten gerichtete Potentialverteilung auf. Unter 60 cm zeigte Brache zu allen betrachteten Zeitpunkten das höchste Potentialgefälle.



**Abb. 2:** Verlauf des hydraulischen Potentialgradienten



**Abb. 3:** Profilverlauf von Wasseranteil u. Gesamtpotential

Die Ergebnisse weisen auf einen deutlichen Zwischenfruchteinfluss auf die Bodenwasserdynamik hin. Die Reduktion der Versickerung von Niederschlägen in tiefere Bodenschichten durch die Wasseraufnahme der Begrünungen konnte gezeigt werden. In der weiteren Arbeit werden diese Daten als Grundlage zur Modellierung der Einflüsse von Begrünungen auf die Bodenwasserdynamik verwendet.

Kastanek, F., G. Hauer und W. Loiskandl 2002: The concept of virtual lysimeters to measure groundwater recharge and evapo-transpiration. In: Singh, V.P., M. Al-Rashed, M.M. Sherif (Eds.): Surface Water Hydrology, Vol. 1. Kuwait,

Lisse, Bodner, G., A. Strauss-Sieberth, W. Loiskandl, H.-P. Kaul (2005): Concept of soil hydrological field measuring sites for agricultural research purposes.. In: Celkova, A. Matejka, F.: 13th International Poster Day, Transport of Water, Chemicals and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System, 10.11.2005, Bratislava, 45-47.

## **Einfluss des ökologischen Landbaus auf Humusgehalte und biologische Aktivität von Ackerböden**

Uta Hoyer, Bernd Lemnitzer, Robert Brandhuber<sup>1</sup> & Kurt-Jürgen Hülsbergen

### **Einleitung**

Es existieren zahlreiche Untersuchungen zum Einfluss des ökologischen Landbaus auf Humusgehalte und bodenbiologische Aktivitäten, überwiegend als Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Ackerflächen. Ein Nachteil fast aller derartiger Vergleichsuntersuchungen liegt darin, dass die Bewirtschaftungssysteme nur unvollständig beschrieben wurden und ein Bezug zur Humusbilanz fehlt. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, Zusammenhänge zwischen Humusgehalten, langjähriger Bewirtschaftung und Standortfaktoren zu ergründen. Dazu werden paarweise ökologisch und konventionell bewirtschaftete Flächen unterschiedlicher Betriebstypen auf verschiedenen Standorten miteinander verglichen. Als Untersuchungsgrößen dienen verschiedene Parameter zur Charakterisierung von Humusgehalten und biologischer Aktivität und Methoden zur Humusbilanzierung anhand derer die Bewirtschaftung exakt nachvollzogen werden kann.

### **Material und Methoden**

Im Frühjahr 2005 wurden in unterschiedlichen Agrarräumen Deutschlands auf angrenzenden ökologisch und konventionell bewirtschafteten Ackerschlägen Testflächen angelegt. Bei der Auswahl der Flächen wurde versucht, unterschiedliche Klimaräume in Deutschland zu berücksichtigen und eine Vielzahl von Betriebstypen einzubeziehen. Außerdem sollten die Bodenarten innerhalb der Vergleichsparzellen möglichst einheitlich sein. Auf den Testparzellen wurden Bodenproben aus dem Oberboden (Beprobungstiefe 0-30 cm bei Pflugbearbeitung und 0-10, 10-20 und 20-30 cm bei reduzierter Bodenbearbeitung) entnommen und auf Textur (DIN ISO 11277),  $C_{org}$  (DIN ISO 10694),  $N_t$ ,  $C_{hwl}$  (VDLUFÄ-Vorschrift),  $C_{mik}$  (DIN ISO 14240-1),  $\beta$ -Glucosidase- und Katalaseaktivität untersucht. Die langjährigen Bewirtschaftungsmaßnahmen wurden für jede Fläche detailliert erfasst und Humusbilanzen nach den Methoden VDLUFÄ, „statische“ Humuseinheiten (HE) Methode (LEITHOLD & HÜLSBERGEN 1998) und dynamische HE Methode (HÜLSBERGEN 2003) berechnet.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Bei den untersuchten Flächen üben die Standortbedingungen den größten Einfluss auf die gemessenen Humusparameter aus. So sind sowohl der  $C_{org}$ - und der  $C_{hwl}$ -Gehalt, als auch die Aktivitätsparameter  $C_{mik}$  und Enzymaktivitäten beim sandigen Standort C mit sehr niedrigen Niederschlagsmengen am geringsten. Am höchsten sind sie beim Standort E, auf dem mehr Niederschläge niedergehen und der einen vergleichsweise schweren Boden aufweist.

Geringe Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung wurden bei den  $C_{org}$ -Gehalten festgestellt. Die sensitiven Parameter wie  $C_{hwl}$ ,  $C_{mik}$  und Enzymaktivitäten reagieren wesentlich schneller auf eine Änderung der Bewirtschaftung. Bei diesen wurden bei den ökologisch bewirtschafteten Flächen deutlichere höhere Werte gemessen.

---

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau der TU München, Alte Akademie 12, 85350 Freising

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Str. 38, 85350 Freising

**Tab. 1:** Kenngrößen zur org. Bodensubstanz ausgewählter Betriebspaare auf unterschiedlichen Standorten<sup>\*)</sup>; MW: aus 5 Testflächen/Betrieb; 4 Wdh./Testfläche

Standort	Betrieb	C <sub>org</sub>	N <sub>t</sub>	C <sub>mik</sub>	C <sub>hwl</sub>	C <sub>mik</sub> /C <sub>org</sub>	C <sub>hwl</sub> /C <sub>org</sub>	β-Glucosidase	Katalase
		%	%	µg g <sup>-1</sup>	µg g <sup>-1</sup>			µg Sal. g <sup>-1</sup>	
A	Ökol.	1,23	0,124	642,6	366,7	4,99	2,86	92,10	12,91
	Konv.	1,09	0,106	386,2	288,5	4,72	2,80	76,01	10,86
B	Ökol.	1,32	0,120	520,1	315,2	3,99	2,42	82,96	10,41
	Konv.	1,19	0,108	362,2	261,1	3,06	2,21	63,01	10,13
C	Ökol.	0,72	0,061	237,7	250,7	3,21	3,43	40,85	5,44
	Konv.	0,70	0,058	172,0	244,1	2,29	3,30	39,25	6,23
D	Ökol.	1,08	0,097	n.b.	332,3	n.b.	3,05	81,65	8,70
	Konv.	1,19	0,108	n.b.	338,2	n.b.	2,90	87,96	10,15
E	Ökol.	3,46	0,275	1130,0	690,6	3,26	1,99	122,12	28,29
	Konv.	3,28	0,247	600,0	520,6	1,83	1,59	76,49	18,20

<sup>\*)</sup> Standorte (Bodenart Krume, Höhe über NN, Jahresdurchschnittstemperatur, -niederschlag):

Standort A:	IS-sL	500 m NN	7,5°C	800 mm
Standort B:	l'S-sL	490 m NN	7,4°C	800 mm
Standort C:	l'S-S	96 m NN	9,0°C	423 mm
Standort D:	uL	95 m NN	8,8°C	550 mm
Standort E:	uL	500 m NN	7,8°C	800 mm

Das C<sub>mik</sub>/C<sub>org</sub>-Verhältnis ist ein Maß für die Effizienz der Ausnutzung des Bodenkohlenstoffs durch die Mikroorganismen. Das C<sub>hwl</sub>/C<sub>org</sub>-Verhältnis gibt den Anteil aktiver organischer Substanz am gesamten Humuspool an. Beide Verhältnisse liegen bei den ökologisch wirtschaftenden Betrieben über denen der konventionellen. Lediglich auf Standort D wurden beim konventionell bewirtschafteten Betrieb höhere Gehalte an C<sub>org</sub>, C<sub>hwl</sub> und Enzymaktivitäten ermittelt. Auf diesem Standort wird der ökologische Betrieb im Gegensatz zum konventionellen extensiv bewirtschaftet (Tierbesatz: 0,1 GV ha<sup>-1</sup> beim ökologischen Betrieb und 1,1 GV ha<sup>-1</sup> beim konventionellen). Dies unterstreicht, dass bei einer Bewertung des Humushaushaltes die alleinige Unterscheidung zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung nicht ausreichend ist. Vielmehr müssen die Betriebe anhand der relevanten Bewirtschaftungsdaten genau charakterisiert werden.

### Danksagung

Das Forschungsprojekt wird gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung und das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Ernährung. Die Enzymanalytik wurde am Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Halle durchgeführt.

### Literatur

- Hülsbergen, K.-J., 2003: Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwirtschaft. Shaker Verlag Aachen. ISBN 3-8322-1464-X
- Leitholf, G. & K.-J. Hülsbergen, 1998: Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau 105, 32-35

## **Einfluss unterschiedlicher Anbausysteme auf C-Flüsse und C-Pools**

Bernd Küstermann, Maximilian Kainz, Harald Schmid, Karl Wenske  
& Kurt-Jürgen Hülsbergen

### **Einleitung**

Während zur Analyse und Bewertung des N-Kreislaufes ausgereifte Managementsysteme vorliegen, fehlen entsprechende Ansätze zur Beschreibung von C-Flüssen auf Betriebsebene. In der Forschung liegt der Fokus meist auf der Untersuchung einzelner Mechanismen und Prozesse, oder aber es werden generalisierende Aussagen für höhere Systemebenen (Ökosysteme, Agrarlandschaften, globale Abschätzungen) vorgenommen. Betriebliche Kohlenstoffkreisläufe sind jedoch durchaus von Bedeutung. Sie stehen in Verbindung mit der Bodenfruchtbarkeit (Humusgehalte, biologische Aktivität, Bodengefüge); einige C-Flüsse und C-Pools sind umwelt-/klima-relevant. Die Modellierung von C-Kreisläufen trägt dazu bei Betriebssysteme zu charakterisieren, Umweltwirkungen abzuschätzen und Optimierungsstrategien zu prüfen. Die Verknüpfung relevanter C- und N-Emissionen ist Bestandteil einer betrieblichen Gesamt-Emissionsinventur.

### **Material und Methoden**

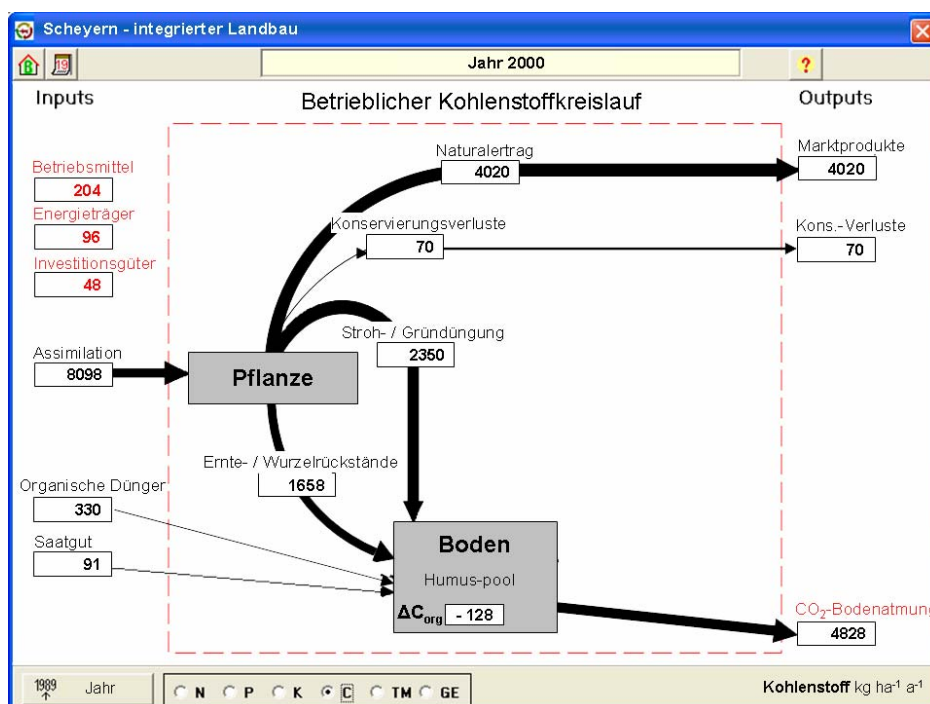
Der im Beitrag vorgestellte Modellansatz ermöglicht die Quantifizierung bewirtschaftungsbedingter und standortabhängiger C-Flüsse. Der Ansatz wurde in das Umweltmanagementsystem REPRO (Hülsbergen 2002) integriert. Hierzu waren Modellparameter und Algorithmen abzuleiten, z.B. eine Methodik zur fruchtart- und standortspezifischen Quantifizierung der C-Rhizodepositionen. Die Abschätzung direkter und indirekter CO<sub>2</sub>-Emissionen erfolgt ausgehend vom Betriebsmittel- und Technikeinsatz. Das C-Quellen- und Senkenpotenzial der Böden wird mit der Humusbilanz bestimmt.

Auf der Grundlage 15-jähriger Standort- und Bewirtschaftungsinformationen kommt der Ansatz im Versuchsgut Scheyern sowie in einem Bodenbearbeitungs-Düngungs-Versuch (ökologisch, integriert) zur Anwendung. Ziel ist es, die Entwicklungen im C-Haushalt in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung darzustellen und produktionsbedingte Emissionen zu quantifizieren.

Das Versuchsgut Scheyern befindet sich im Tertiärhügelland, 40 km nordöstlich von München (NS: 800 mm a<sup>-1</sup>, Temp.: 8,5°C, Böden: sandige Lehme mit AZ 45 – 60).

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die C-Flüsse des integrierten Betriebssystems werden durch die 4-feldrige Fruchtfolge mit 50 % Hackfruchtanteil (Kartoffeln-WWeizen-Silomais-WWeizen) und einer simulierten Bullenmast (0,6 GV ha<sup>-1</sup>) geprägt. Hohe Erträge spiegeln sich in der Netto-C-Assimilation wieder. Mehr als 50 % der gebundenen C-Mengen verlassen das Betriebssystem als Marktprodukte. Die Nebenprodukte verbleiben auf den Flächen und dienen ebenso wie die Ernte- und Wurzelrückstände (EWR) der Reproduktion der organischen Bodensubstanz. Bilanzierungen und Messungen belegen, dass Menge und Qualität der organischen Primärschubstanz nicht ausreichen, um die Boden-C-Vorräte zu erhalten. Der Betriebsmittel- (BM), Energieträger- (ET) und Investitionsgütereinsatz (IG) hat Emissionen von 1278 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> zur Folge. Bei Berücksichtigung der N<sub>2</sub>O-Emissionen (3,39 kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>, berechnet nach IPCC 1997) ergibt sich ein Treibhauspotenzial von 2918 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.



**Abb. 1:** C-Kreislauf des integrierten Betriebssystems Scheyern

In einem seit 1993 laufenden Dauerversuch werden die Einflüsse von Bodenbearbeitung und Düngung auf Erträge, C-Flüsse und C-Pools sowie diverse bodenphysikalische Parameter und relevante Emissionen quantifiziert.

Der erhöhte Dieseleinsatz in der Pflugvariante (Tab. 1) führt in Verbindung mit den aus der N-Zufuhr resultierenden N<sub>2</sub>O-Emissionen zu höchsten Gesamt-Emissionen pro Fläche. Pflugverzicht (Var. B, R) reduziert diese um ca. 80 bzw. 105 kg CO<sub>2</sub>/ha. Die im Mittel von 13 Jahren um 10 GE/ha niedrigeren Erträge (Vergleich Var. PM - GM) führen bei etwas geringeren N<sub>2</sub>O- und deutlich geringeren BM-, ET- und IG-Emissionen zu höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen je geernteter Produkteinheit. Die niedrigsten Treibhauspotenziale je Flächeneinheit werden bei reduzierter Bodenbearbeitung und niedriger Düngung, je Produkteinheit bei betriebsüblicher Bodenbearbeitung und niedrigem Düngungsniveau erreicht (hier nicht dargestellt).

**Tab. 1:** Varianten des Bodenbearbeitungs-/Düngungs-Versuches (Mittel 93-05)

BB	Dg	Ertrag GE ha <sup>-1</sup>	N <sub>2</sub> O-N kg ha <sup>-1</sup>	BM kg CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup>	ET kg CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup>	IG kg CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup>	Δ C Boden kg C ha <sup>-1</sup>	CO <sub>2</sub> -Äquivalente	
								kg CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup>	kg CO <sub>2</sub> GE <sup>-1</sup>
P	H	88,2	2,8	646	293	170	-180	<b>2650</b>	<b>30,0</b>
P	M	86,0	2,3	519	291	168	-226	<b>2324</b>	<b>27,0</b>
P	N	78,6	1,6	379	282	162	-302	<b>1903</b>	<b>24,2</b>
B	M	83,4	2,3	521	208	154	-226	<b>2228</b>	<b>26,7</b>
R	M	76,8	2,2	533	185	144	-220	<b>2153</b>	<b>28,0</b>

BB-Bodenbearbeitung, P-Pflug, B-Betriebsüblich, R-Reduziert; Dg-Düngung, H = 160, M = 120, N = 80 kg N ha<sup>-1</sup>

## Literatur

Hülsbergen, K.-J. (2002): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker Verlag Aachen.



## **Bewertung von Systemen mit reduzierter Bodenbearbeitung in Abhängigkeit der Fruchtfolge**

Franz-Xaver Maidl & Wolfgang Heer

### **Einleitung**

Sinkende Markterlöse und steigende Anforderungen an die Umweltverträglichkeit stellen die Pflanzenproduktion vor neue Herausforderungen. Leistungssteigerung und Kostensenkung sind die vielfach einzigen Anpassungsmöglichkeiten an veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen. Als zentrales pflanzenbauliches Element nimmt die Fruchtfolge eine bedeutende Stellung ein und übt entscheidenden Einfluß auf die ökonomische Effizienz aus. Im Zuge der produktionstechnischen Entwicklungen in der Verfahrenstechnik, der Düngung und im Pflanzenschutz verblasste der Stellenwert der Fruchtfolge.

Möglichkeiten der Effizienzsteigerung im Bereich von Pflanzenschutz, Düngung und Sortenwahl scheinen weitgehend genutzt. Die Kosten für die Arbeitserledigung in der pflanzlichen Produktion steigen. Eine wesentliche Möglichkeit der Senkung der Arbeits- und Maschinenkosten bieten veränderte Verfahren der Bodenbearbeitung. Vor diesem Hintergrund wurde im Jahr 2002 eine Versuchsserie mit unterschiedlichen Fruchtfolgen und differenzierter Bodenbearbeitung, bis hin zur Direktsaat, begonnen über die hier berichtet werden soll.

### **Material und Methoden**

In den Jahren 2002 bis 2005 wurde auf unserer Versuchsstation Thalhausen, 7 km nördlich von Freising, ein Versuch mit drei Fruchtfolgen und je vier Fruchtfolgegliedern in vierfacher Wiederholung angelegt (Tab. 1). Der Boden ist als Braunerde aus Lösslehm anzusprechen (L4 D-64/59).

Tabelle 1: Fruchtfolgen

Fruchtfolge 1	Fruchtfolge 2	Fruchtfolge 3
Winterraps	Winterraps	Winterraps
Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
Winterweizen	Körnererbsen	Körnermais
Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen

Die Bodenbearbeitung umfasste zwei Stufen: konventionell mit Pflug und Mulchsaat bis hin zur Direktsaat. Direkt gesät wurden in der konservierenden Variante die Körnererbsen und der Körnermais, der Weizen nach Winterraps und in Fruchtfolge 2 der Weizen nach Körnererbsen. Alle anderen Kulturen wurden in der konservierenden Variante mit Grubber und Kreiselegge bestellt. In der konventionellen Pflugvariante wurde zu allen Kulturen gepflügt. Eine Ausnahme stellte Weizen nach Raps dar. Hier wurde an Stelle des Pflugs der Grubber eingesetzt.

Neben den Kornerträgen wurde die Entwicklung der Kulturpflanzen, der Krankheiten und Schädlinge sowie der Unkräuter und Ungräser erfasst.

## Ergebnisse und Diskussion

### Körnerraps

In der Mulchvariante kam es bei Trockenheit und unzureichender Einarbeitung des Stroh zu einem verzögerten Feldaufgang und einer schwächeren Pflanzenentwicklung. Diese anfängliche Benachteiligung konnte nur teilweise im Frühjahr durch eine ausgeprägtere Einzelpflanzenentwicklung wieder ausgeglichen werden. Erreichten die Rapsertträge in der konservierenden Variante unter trockenen Bedingungen ca. 80 % der Pflugvariante, so lagen diese unter feuchten Bedingungen bei ca. 95 %.

### Körnererbsen und Körnermais

Bei der Direktsaat von Erbsen und Mais wurden die Stoppeln flach bearbeitet und vor der Saat der Kulturen ein Totalherbizid eingesetzt. Die Feldaufgänge lagen in allen Versuchsjahren bei Mulchsaat und Pflugsaat mit ca. 95 % auf einem sehr hohen Niveau. Auch ertraglich waren beide Systeme in beiden Kulturen gleich.

### Winterweizen

Weizen nach Blattvorfrucht brachte deutlich höhere Erträge als Weizen nach Weizen (Tab. 2). Im Jahr 2004 mit günstigen Wachstumsbedingungen und geringem Krankheitsdruck war dieser Effekt erheblich kleiner als im Jahr 2005 mit hohem Krankheitsdruck. Dies kommt auch in der hoch signifikanten Wechselwirkung Fruchtfolge x Jahr zum Ausdruck (Tab. 3). Auch war Weizen in Mulchsaat dem der Pflugsaat ertraglich unterlegen (Tab. 2). Auch der Effekt der Bodenbearbeitung war jahrgangsabhängig, wie der hoch signifikante F-Wert Wechselwirkung Jahr x Bodenbearbeitung zeigt. Keine Wechselwirkung war hingegen zwischen den Faktoren Fruchtfolge und Bodenbearbeitung festzustellen. Die bedeutet die Wirkung der Bodenbearbeitung ist unabhängig von der Fruchtfolge zu sehen. Mindererträge infolge ungünstiger Fruchtfolge lassen sich nicht durch eine Erhöhung der Bearbeitungsintensität mindern.

Tabelle 2: Kornerträge von Winterweizen in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Bodenbearbeitung (dt/ha)

Fruchtfolge	Fruchtfolgeglied	2004		2005	
		Pflug	Mulchsaat	Pflug	Mulchsaat
1	WW2 nach Raps	100,3	82,2	100,7	75,7
1	WW3 nach WW2	96,5	84,7	55,5	35,6
1	WW4 nach WW3	80,8	81,4	65,7	37,5
2	WW2 nach Raps	100,8	88,6	99,9	83,5
2	WW4 nach Erbsen	104,4	88,6	102,3	73,7
3	WW2 nach Raps	103,5	86,3	98	80,8
3	WW4 nach Mais	99,6	88,9	95,7	81,3
	Mittel (dt/ha)	98	85,8	88,3	66,9
	Mittel (rel.)	100	87,5	100	75,8

## Auswirkung einer zeitweisen N-Aushagerung auf Erträge, Ausnutzung des N-Düngers und N-Nachlieferung des Bodens

Gregor Pasda, Wolfram Zerulla & Alexander H. Wissemeier

### Einleitung

Besonders Anfang der 80er Jahre gab es auf Grund ökologischer Zielsetzungen zahlreiche Bestrebungen, die N-Düngungshöhe zu reduzieren und eine suboptimale Düngung vorzuschreiben, bei der weniger N dem Boden zugeführt als über die Ernte entzogen wird. Teilweise wurde dies in Verordnungen umgesetzt (z.B. SchALVO Baden-Württemberg, N-Reduktionsprogramm Dänemark). Es ist anzunehmen, dass solch ein Düngungsverhalten langfristig zu einem Abbau der Bodenfruchtbarkeit und damit Ertragsfähigkeit eines Standortes führt. Aus diesen Überlegungen heraus ergaben sich folgende Fragestellungen:

- Wie wirkt sich eine langfristig negative N-Bilanz auf die Erträge aus?
- Kann diese N-Aushagerung durch eine erhöhte N-Düngung kompensiert werden?
- Spiegeln sich eventuelle Effekte einer N-Aushagerung in den Messwerten zur Düngerbedarfsermittlung wider ( $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens, EUF-Messwerte)?
- Kann durch eine N-Aushagerung der Gehalt an potenziell auswaschungsgefährdetem N im Bodenprofil vermindert werden?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden im Jahr 1986 auf vier Standorten stationäre Dauerdüngungsversuche angelegt und bis zum Jahr 2003 nach dem unten beschriebenen Düngungsplan behandelt.

### Material und Methoden

Die Versuchsfläche auf den 4 Standorten (Ludwigsruhe, BW; Landau, RP; Amedof, NS; Siek, SH) wurde in drei Teilflächen (TF) aufgeteilt. TF I wurde über die gesamte Versuchsdauer von 18 Jahren wie folgt gedüngt: „ohne N“, „ $N_{\text{Soll}}-50\%$ “, „ $N_{\text{Soll}}$ “ (d.h. N-Angebot (inkl.  $N_{\min}$ )) und „ $N_{\text{Soll}}+30\%$ “. TF II und TF III wurde genauso behandelt, allerdings erst nach einem Zeitraum von 6 (TF II) bzw. 12 Jahren (TF III) (Abb. 1).

Teilfläche I	Teilfläche II	Teilfläche III
ohne N: -	ohne N: 1986-1991	ohne N: 1986-1997
N-Dgg.:1986-2003	N-Dgg.:1992-2003	N-Dgg.:1998-2003
● ohne N	● ohne N	● ohne N
● N-Soll - 50%	● N-Soll - 50%	● N-Soll - 50%
● N-Soll	● N-Soll	● N-Soll
● N-Soll + 30%	● N-Soll + 30%	● N-Soll + 30%

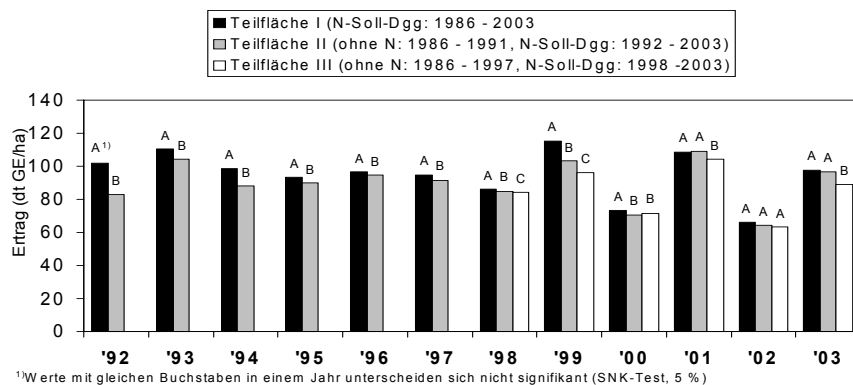
Abb. 1: Düngungsplan

Davor wurden diese TF nicht mit N gedüngt, um durch dieses zeitweise Unterlassen der N-Düngung eine längerfristige N-Düngung unterhalb des N-Entzuges mit der Ernte zu simulieren. Zur Bemessung der N-Düngungshöhe diente der  $N_{\min}$ -Gehalt zu Vegetationsbeginn der Düngungsvariante „ $N_{\text{Soll}}$ -Düngung“ von Teilfläche I im jeweiligen Versuchsjahr. Vor Versuchsanlage wurden die Versuchsflächen je nach Standort zwischen 3 und 9 m Bodentiefe u. a. auf ihren Gehalt an löslichem N untersucht. Die Beprobung wurde 1991/92 (nach dem 1. Drittel der Versuchsdauer), 1997/98 (nach dem 2. Drittel der Versuchsdauer) und 2003 (nach Abschluss des

Versuches) wiederholt, um mögliche Veränderungen aufzuzeigen. Neben dem Ertrag und dem N-Gehalt im Erntegut wurde zu regelmäßigen Terminen (im März, Mai, nach der Getreideernte, im Oktober und Dezember) der  $N_{\min}$ -Gehalt im Boden (0 – 90 cm) bestimmt. 1994 (nach der Hälfte der Versuchsdauer) und 2003 (nach Abschluss des Versuches) wurden Bodenproben (0 – 30 cm) von allen Versuchsgliedern entnommen und von der Bodengesundheitsdienst GmbH, Ochsenfurt, mittels der EUF-Methode untersucht.

### Ergebnisse und Diskussion

1992 wurde in der TF II nach einer 6jährigen Aushagerung die N-Düngung wieder aufgenommen. Beim Vergleich der Erträge der Varianten „ $N_{\text{Soll}}$ -Düngung“ von TF I und TF II, fällt auf, dass bis zum Jahr 2000 (9 Jahre) die Erträge auf TF II signifikant niedriger waren als auf TF I. Erst in den letzten drei Versuchsjahren war zwischen den TF kein ertraglicher Unterschied mehr festzustellen (Abb. 2). Nimmt man ab dem Jahr 1998 das Versuchsglied „ $N_{\text{Soll}}$ -Düngung“ der TF III mit in den Vergleich auf, so wurden gegenüber TF I (mit Ausnahme des Jahres 2002) immer signifikant geringere Erträge ermittelt. Dies gilt auch für den Vergleich dieser Versuchsglieder zwischen TF II und III mit Ausnahme des Jahres 2000. Dagegen spiegelten sich die durch die 6- bzw. 12jährige Aushagerung hervorgerufene reduzierte Bodenfruchtbarkeit im Merkmal „N-Entzug über das Erntegut“ der Versuchsglieder „ $N_{\text{Soll}}$ -Düngung“ der TF I, II und III in jedem Erntejahr wider. Das heißt, bei jeder Ernte wurde beim Vergleich zwischen TF I und II auf der TF II signifikant weniger N entzogen. Beim Vergleich der TF II und III gilt dies auch für TF III. Eine N-Aushagerung wirkte sich somit noch viele Jahre negativ auf die Ertragsfähigkeit eines Standortes und die Effizienz der N-Düngung aus. Durch eine erhöhte N-Düngung konnte diese reduzierte Ertragsfähigkeit eines Standortes nach einigen Jahren kompensiert werden. Herkömmliche Methoden zur Bemessung der N-Düngung ( $N_{\min}$ , EUF-Methode) konnten eine veränderte Ertragsfähigkeit eines Standortes nicht abbilden. Eine messbare Entlastung durch eine reduzierte bzw. Belastung durch eine überhöhte N-Düngung konnte anhand der  $N_{\min}$ -Gehalte im Bodenprofil bis 9 m Tiefe nicht festgestellt werden. Zuckerrüben reagierten überraschenderweise am empfindlichsten auf eine reduzierte Bodenfruchtbarkeit durch einen starken Rückgang der Rübenenerträge und einer tendenziellen Verminderung der Zuckergehalte. Die Ertragsrückgänge bei Winterweizen und Winterraps waren dagegen weniger stark ausgeprägt.



**Abb. 2:** Einfluss einer N-Aushagerung auf die Ertragsentwicklung (Vergleich der Varianten „ $N_{\text{Soll}}$ -Düngung“ der Teilfläche (TF) I mit der der TF II sowie der der TF III)

## Integration von Geländemodellen in ein Betriebsmanagementsystem zur Abschätzung der Bodenerosion durch Wasser

Norman Siebrecht, Maximilian Kainz & Kurt-Jürgen Hülsbergen

### Einleitung

Aufgrund der Entwicklungen im Bereich der Biogasanlagen ist damit zu rechnen, dass viele Landwirtschaftsbetriebe ihre Fruchtfolge umstellen und beispielsweise den Maisanteil erhöhen. Die Folgen einer solchen Umstellung werden häufig vernachlässigt und daraus resultierende Umweltwirkungen sind nur bedingt bekannt. Neben dem Wirkungsbereich Humus- und Nährstoffversorgung, kann regional besonders Bodenerosion ein Problem darstellen. Während für den Betriebsleiter die Auswirkungen auf den Humus- und Nährstoffhaushalt leichter einzuschätzen sind, bestehen für die Bodenerosion große Defizite. Zur Abbildung solcher Effekte wurde in das Betriebsmanagementsystem REPRO ein Modellansatz integriert, der mit Hilfe digitaler Geländemodelle (DGM) Aussagen zur Bodenerosion eines Betriebes ermöglicht.

### Material und Methoden

Die Berechnung der Bodenverlagerung erfolgt anhand der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (Schwertmann et al. 1987), mit der sich der langjährig mittlere Bodenabtrag [ $t\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ] berechnen läßt. Der Bodenabtrag ( $A$ ) ist das Produkt aus:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

Dabei steht  $R$  für die Erosivität der Niederschläge,  $K$  für die Erodibilität des Bodens,  $LS$  für den Einfluß der Topografie auf Hanglänge und –neigung,  $C$  für den Einfluß auf die Bodenbedeckung durch Bewirtschaftung und Kulturen und  $P$  für Maßnahmen zum Erosionsschutz. Während die Faktoren  $R$ ,  $K$ ,  $C$  und  $P$  direkt aus Bewirtschaftungs- und Standortinformationen in REPRO ermittelt werden, erfolgt die Bestimmung von  $LS$  in einem Geografischen Informationssystem aus Digitalen Geländemodellen. Dazu kommen GIS-Methoden der räumlichen und hydrologischen Modellierung zum Einsatz.

Das beschriebene Modell wurde im Versuchsgut Scheyern angewandt, welches innerhalb des Forschungsverbunds Agrarökosysteme München (FAM) untersucht wurde und einen integrierten und ökologischen Betriebsteil aufweist. Umfangreiche Messungen zur Bodenerosion ermöglichen den Vergleich mit den Modellergebnissen. Die mit Beginn des FAM durchgeführten Maßnahmen zum Erosionsschutz wie die Anlage einer begrüneten Abflußmulde, die Schaffung von Retentionsräumen, die Umwandlung von Acker- in Grünland und die Anpassung der Bewirtschaftung (Huber et al. 2005) lassen sich ebenfalls berücksichtigen und erlauben zusätzlich einen Vergleich zwischen Ausgangssituation und der Situation mit etablierten Erosionsschutzmaßnahmen.

### Ergebnisse und Diskussion

Der durchschnittliche Bodenabtrag des Betriebs wird auf Grundlage der Messungen mit  $9,1\ t\ ha^{-1}\ a^{-1}$  angegeben. Im Gegensatz dazu ist der Wert aus den Modellergebnissen mit  $7,3\ t\ ha^{-1}\ a^{-1}$  fast  $2\ t$  geringer (Tab. 1). Diese Differenz liegt in erster Linie

an Schwierigkeiten, die sich aus der Rekonstruktion der Ausgangssituation ergeben. Beispielsweise lassen sich eingerichtete Retentionsräume nur bedingt aus dem Geländemodell „entfernen“. Berücksichtigt man zusätzlich die Aussagegenauigkeit der ABAG (ca. 10%), so bedeuten diese Werte eine gute Übereinstimmung. Generell ist die Modellierung der Bodenerosion vor Beginn des FAM als problematisch anzusehen, da Informationen zu den Eingangsfaktoren, insbesondere die zur Bewirtschaftung, ungenauer sind. Beim Vergleich der Abtragswerte beider Betriebsteile ist dies ebenfalls deutlich zu erkennen, wobei speziell im ökologisch bewirtschafteten Teil die größeren Abweichungen bestehen. Sehr gute Übereinstimmungen werden beim Vergleich der Situationen nach der Durchführung der Maßnahmen erzielt. Bei der Gegenüberstellung der Bodenabträge ist die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen deutlich zu erkennen, was sich sowohl in den Mess- als auch den Berechnungsergebnissen widerspiegelt.

**Tab 1:** Vergleich gemessener (<sup>1</sup>Auerswald et al. 2003, <sup>2</sup>Fiener & Auerswald 2001) und berechneter Bodenabträge [t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]

	Betrieb <sup>1</sup>		Integriert <sup>2</sup>		Ökologisch <sup>2</sup>	
	1	2	1	2	1	2
<b>Messergebnisse</b>	9,6	0,2	16,0	1,7	5,1	1,5
<b>Berechnung</b>	7,3	1,6	13,2	2,0	10,7	1,7

1) vor Umstellung

2) nach Umstellung

### Schlussfolgerungen und Ausblick

Der Vergleich zwischen Meß- und Modellergebnissen hat gezeigt, dass mit diesem Ansatz eine Methode zur Verfügung steht, der qualitative Aussagen zur Bodenerosion eines Betriebes ermöglicht. Die Genauigkeit der Aussagen ist dabei im Wesentlichen von der Qualität der Eingangsfaktoren abhängig. Die weitere Entwicklung sieht vor, schlagbezogenen Daten und Daten weiterer Betriebe zur Validierung des Modells heranzuziehen und zu berücksichtigen. Zusätzlich soll der Modellansatz bezüglich der allgemeinen Anwendbarkeit optimiert werden, um damit ein Werkzeug zum Einsatz auf Betrieben zu schaffen. Speziell für die Ermittlung des C-Faktors in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsmaßnahmen ist eine Simulationsfunktion geplant, mit der vorab geänderte Fruchtfolgen bezüglich ihrer Erosionswirksamkeit überprüft werden können.

### Literatur

- Auerswald, K.; Kainz, M. & Fiener, P. (2003): Erosion potential of organic versus conventional farming evaluated by USLE modelling of cropping statistics for agriculture districts in Bavaria. *Soil Use Management* 19: 305 – 311.
- Fiener, P. & Auerswald, K. (2001): Eight years of economical and ecological experience with soil conserving landuse. In: Helming, K. (Ed.). *Multidisciplinary approaches to soil conservation strategies*, 121 – 126.
- Huber, B.; Winterhalter, M.; Malléen, G.; Hartmann, H.P.; Gerl, G.; Auerswald, K.; Priesack, E. & Seiler, K.-P. (2005): Wasserflüsse und wassergetragene Stoffflüsse in Agrarökosystemen. In: Osinski et al. (Hrsg.): *Landwirtschaft und Umwelt - ein Spannungsfeld*, oekom, München.
- Schwertmann, U; Vogel, W. & Kainz, M. (1987): *Bodenerosion durch Wasser - Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen*, Ulmer, Stuttgart.

## Der unerschlossene Reichtum der solaren Rohstoffe

Herrmann Scheer

Mitte der 80er Jahre waren im Chemical Abstract Service acht Millionen größtenteils synthetische Chemikalien registriert. Seitdem sind sicher weit über eine Million hinzugekommen. Von allen registrierten sind einige hunderttausend tatsächlich im Umlauf. Schon bei nur einem Prozent ökologisch problematischer Produkte steht jede politische Umweltvorsorge vor einem nicht mehr zu bewältigenden administrativen Aufwand. Auch eine Steigerung der Ressourcenproduktivität kann diesem Probleberg nicht abhelfen, weil sie auf eine Mengenreduzierung der jeweils umgewandelten Stoffe abzielt, jedoch nicht auf die Anzahl der Produkte und deren Rohstoffquelle. Solange es bei der fossilen Stoffquelle bleibt, ist ein Dickicht einzelner Regelungen erforderlich, deren Einhaltung letztlich niemand mehr kontrollieren kann und die das betriebliche und das Alltagsleben überbürokratisieren. Eine Abhilfe von diesem Dilemma ist nur denkbar und Erfolg versprechend durch den Wechsel von fossilen zu solaren Rohstoffen – also der Nutzung des Pflanzenguts als industrielle Rohstoffbasis. Mit der Erschließung des unerschöpflichen Reichtums solarer Rohstoffe ist es möglich, aus einer bisher defensiv angelegten Kritik an gefährlichen Umwelteingriffen zu einer praktisch nachvollziehbaren Offensive für schadhlose industrielle Prozesse und Industrieprodukte zukommen.

Mit dem Wechsel zur solaren Stoffbasis kann nicht nur die Vergiftung der Planeten durch die chemische Produktion und chemischen Produkte weitestgehend vermieden werden. Zwar hat auch die Natur alle möglichen toxischen und hochgefährlichen Gifte entwickelt. Aber sie funktioniert dennoch in ihrer Gesamtheit vernünftig und nachhaltig, weil die Naturgifte abbaubar und in ihrer Wirkung spezifisch optimiert sind. Chemiekonzerne versuchen bereits daraus zu lernen, indem sie z.B. Urwälder nach Pflanzen durchsuchen, die einen eigenen chemischen Insektenschutz entwickelt haben. Durch solare Rohstoffe eröffnen sich auch Produktivitätschancen, die mit fossilen Rohstoffen ausgeschlossen sind: Die Natur bietet, wie bereits jetzt überzeugende Beispiele aus der „Naturchemie“ zeigen, zahllose photosynthetisch produzierte Ausgangsstoffe, die in ihrer Molekülstruktur bereits das bieten, was in der synthetischen Chemie erst mühsam in hochgiftigen hochkomplexen Verfahren produziert werden muss.

Viele begründen den notwendigen Wechsel zu erneuerbaren Energien damit, dass die wertvollen fossilen Ressourcen zu schade seien, um verbrannt zu werden; man brauche sie unbedingt als Rohstoff für die Produktion synthetischer Güter. Diese gut gemeinte Begründung unterschätzt jedoch die schädliche Wirkung der chemischen Produktionsweise, die überwiegend aus der Umwandlung fossiler Kohlenwasserstoffen – also Erdöl, Erdgas oder Kohle – in chemische Grundprodukte besteht, auf die Naturkreisläufe. Unterschätzt wird auch das wirtschaftliche Potential solarer Rohstoffe, das eine durchgängige und in vielfacher Hinsicht bessere Alternative zu den synthetischen Chemieprodukten auf fossiler Rohstoffbasis darstellt.

---

aus: Herrmann Scheers Buch „Solare Weltwirtschaft“, dessen Erstveröffentlichung 1999 im Münchner Kunstmann-Verlag erfolgte und 2006 bereits in 6. Auflage erschienen ist. Das Buch wurde in zwölf Sprachen übersetzt und gilt weltweit als Klassiker der Diskussion um solare Ressourcen.

Dr. Herrmann Scheer Deutscher Bundestag, Platz der Republik 1, 11011 Berlin

[hermann.scheer@bundestag.de](mailto:hermann.scheer@bundestag.de)

### **Die höhere Produktivität solarer Rohstoffe**

Dem langen Weg von der Förderung, der Raffinierung und der hochkomplizierten Umwandlung fossiler Rohstoffe in ein Vorprodukt steht bei solaren Rohstoffen der Anbau, das Schneiden, das Lagern, die Reinigung, Trocknung, die Trennung des Materials und der Transport gegenüber. Bei vielfach möglichem produktionsnahen Anbau ist der Transportaufwand geringer. Der einzige Produktivitätsnachteil ist, dass der Personalaufwand deutlich größer ist – was aber zugleich ein erheblicher sozialer Vorteil ist. Pro Terrawattstunde Energieleistung ist der Arbeitskräfteaufwand von Giuliano Grassi bei Erdgas mit 250 Beschäftigten errechnet worden; bei Erdöl mit 260, bei Kohle mit 270, bei Atomenergie mit 70, dagegen bei Festbrennstoffen aus Anbaupflanzen mit 1145 und aus dem Waldbestand mit 1000 Arbeitsplätzen. Dieses größere Arbeitsplatzpotential ergibt sich wahrscheinlich auch bei der Nutzung solarer Rohstoffe für Chemieprodukte gegenüber der fossilen chemischen Grundstoffe.

Doch diesem vermeintlichen Kostennachteil, der die Kosten der Rohstoffe, aber nicht die Verfahrenskosten der chemischen Industrie berücksichtigt, steht eine Fülle wirtschaftlicher Vorteile gegenüber. So erfordern solare Rohstoffe eine deutlich niedrigere Eingriffstiefe bei der industriellen Stoffumwandlung als bei der fossilen Stoffchemie der Fall ist. Naturstoffe kann man aufgrund ihrer Vielfalt in vielen Fällen so in den Verarbeitungsprozess geben, wie sie angebaut bzw. vorgefunden werden. Ihre Strukturmerkmale müssen kaum verändert werden. Demgegenüber ist Erdöl in seiner originären Eigenschaft für kein chemisch-technisches Produkt auch nur annähernd brauchbar.

Hermann Fischer, Naturfarbenhersteller und 1992 „Öko-Manager des Jahres“ der Zeitschrift „Capital“, hat letzteres anhand einer Produktlinie beispielhaft dargestellt, jener der Polyurethane, aus denen u.a. Lacke, Klebstoffe, Schaumkunststoffe und Kunstfasern gefertigt werden. Zu deren Herstellung müssen die Molekülstrukturen des Erdöls vielfach umgewandelt werden, bis sie für das angestrebte Produkt als Rohstoff tauglich sind. Diese Rohstoffaufbereitung geschieht unter hohen Temperaturen und mit chemisch aktiven Oberflächen, z.B. auf der Basis von Schwermetallen. Zuvor muss das Erdöl durch katalytische Hydrierung mit Wasserstoff entschwefelt werden. Anschließend werden störende Aromate mit Hilfe von Chemikalien extrahiert. Die entschlackten Kohlenwasserstoffe werden dann in einem Wasch- und Reformierungsprozess unter Temperaturen von 500 bis 1000 Grad C in die gewünschte Molekülstruktur transformiert, die nach Bedarf um weitere Molekülbestandteile ergänzt oder reduziert wird. Erst die so zerlegten Kohlenwasserstoffe sind für chemische Synthesen geeignet, damit daraus zahlreiche unterschiedliche Vorprodukte gefertigt werden können. Diese werden in reaktionsfähige Verbindungen überführt, wodurch hochgiftige Chemikalien entstehen: z.B. die Umwandlung mit hochkonzentrierter Schwefel – und Salpetersäure – das Ergebnis ist Dinitrotoluol, eine krebserzeugende Substanz. Ein anderer Umwandlungsschritt in dieser Produktlinie ist die Oxidation des Kohlenmonoxids mit Chlor, durch die chlorierte Kohlenwasserstoffe entstehen, die Basis für die Herstellung von Pestiziden, Konservierungs- oder Holzschutzmitteln. Außerdem entsteht aus der Verbindung von Kohlenmonoxid mit Chlorgas das äußerst giftige Phosgen-Gas, ein Atemgift, das als chemischer Kampfstoff eingesetzt werden kann (und wurde).

Auch die beiden genannten stark reaktionsfähigen Chemikalien müssen nochmals umgewandelt werden durch Verbindung mit weiteren reaktionsfähigen Substanzen, bevor das eigentliche Polyurethan entsteht, das zu zahlreichen Produkten weiterverarbeitet wird. Die darin enthaltenen Basischemikalien werden beim Gebrauch der Fertigprodukte oder deren Abbau wieder freigesetzt, indem sie allmählich ver-



dampfen, abblättern, in die Raumluft gehen oder vom Körpergewebe aufgenommen werden. Selbst wenn das Endprodukt so hergestellt wird, dass es keine giftigen Substanzen mehr enthält, lenkt dies davon ab, dass in anonymen Produktionsverfahren hochgiftige Chemikalien zur Herstellung der Vorprodukte eingesetzt werden und der Herstellungsprozess große Gesundheitsrisiken mit sich bringt und hochgiftige Abfälle hinterlässt. Wenn aber das Endprodukt später als Abfall endet, hat es gerade dann eine hohe Persistenz, wenn es zuvor besonders haltbar und damit gebrauchsfreundlich gemacht wurde. Die Rückverwandlung in Mineralstoffe ist sehr energieaufwendig und kompliziert und findet aus Kostengründen praktisch nicht statt. Für die Herstellung von 100 kg des Farbstoffs Benzopurin 4B beispielsweise werden 768 kg Abfälle und Nebenprodukte in Kauf genommen, und diese Zahlen spiegeln nur die letzten Schritte der Produktion wider. Die Vorläufersubstanzen, vom Erdöl bis zur Herstellung der Vorläufersubstanz Naphtalin, Anilin und Toluol im Raffinerieprozess, sind in dieser Rechnung nicht enthalten!

Viele praktische Beispiele aus der Industrie zeigen schon, welche vielfältigen Produktivitäts- und Umweltvorteile aus dem Einsatz solarer Rohstoffe erwachsen können. Hermann Fischer, der dies in seinem grundlegenden Buch "Plädoyer für eine sanfte Chemie" beschreibt, hat die Nutzung fossiler und solarer Rohstoffe für den Bereich der Farbenchemie systematisch anhand von 34 Bewertungskriterien verglichen, vom jeweiligen Basisrohstoff bis zum Produktgebrauch und der Entsorgung. Nur bei einem einzigen dieser Kriterien – der Verarbeitbarkeit – haben die synthetischen Farben leichte Bewertungsvorteile, was aber in erster Linie auf deren hundertjährige industrielle Optimierung zurückzuführen ist. Diesen Vorteil können solare Rohstoffe leicht aufholen, wenn sich die Hochschulen und die Industrie intensiver und breiter mit diesem Thema beschäftigen als bisher. Nur in einem weiteren Kriterium – der Haltbarkeit – sind die synthetischen Farben den Naturfarben ebenbürtig; in allen anderen 32 Kriterien zeigen die Naturfarben signifikante Vorteile.

Die potentiellen Wirtschaftlichkeitsvorteile solarer Rohstoffe, werden durch eine große Zahl von Beispielen in vielen Bereichen bestätigt. So hat der Automobilkonzern Daimler seine Erfahrungen mit dem Einsatz naturfaserverstärkter Kunststoffe dahingehend zusammengefasst, dass der Energieaufwand zur Aufbereitung der Naturfaser deutlich geringer ist als bei Glasfasern. Alles ist wieder verwertbar, ohne große Einbußen in den technischen Kennwerten – was besonders im Zusammenhang mit der anstehenden Rücknahmeverpflichtung von Altfahrzeugen wirtschaftlich relevant werden wird. Eine Gewichtsreduktion zwischen 10 und 30 % begünstigt die energiesparende Leichtbauweise. Die Naturfaser hat arbeitsmedizinische Vorteile, weil der Umgang mit ihr weniger Haut- und Lungenirritationen hervorruft. Mit geringeren Rohstoffpreisen für die Naturfasern und reduzierten Zykluszeiten im Verarbeitungsprozess ergäbe sich ein bauteilbezogenes Kostensenkungspotential von 10 bis 30 %. Auch für den Bereich der Schmierstoffe aus Pflanzenöl werden aus der industriellen Erfahrung zahlreiche Vorteile genannt: die geringere Verdampfung, ein geringerer Pflegebedarf für die Motoren oder Maschinen, längere Lebensdauer, kein mikrobieller Verfall, keine Entsorgungskosten, bessere Verschlusseigenschaften bei Werkstoffen und dadurch geringerer Wartungsaufwand, keine Gefährdung für die Wasserqualität, günstigere Viskositätstemperatur, Vermeidung dauernder Überwachungsmaßnahmen. Die Kosten dieser Schmierstoffe liegen zwischen dem Zwei- und Fünffachen im Vergleich mit normalen fossilen Schmierfetten, sind aber kaum noch höher als bei denjenigen aus fossilen Rohstoffen, die eine gleiche Gebrauchsqualität haben. Schon nach heutiger Erkenntnis sind 90 % der gesamten Schmierstoffe durch solche aus Pflanzenöl ersetzbar.<sup>187)</sup> Werden aber die Nutzervorteile der

solaren Schmierfette in Rechnung gestellt, haben diese sogar schon heute einen Wirtschaftlichkeitsvorteil.

Nur im Bereich der Arzneimittel spielen die pflanzlichen Rohstoffe bisher schon eine größere Rolle. Die so genannten Phytopharmaka machen in Deutschland 30 % des Arzneimittelmarkts aus. Sie werden produziert aus einer Fülle von Heil- und Gewürzpflanzen, die in Sonderkulturen angebaut werden. Der Henkel-Konzern ist eines der wenigen großen Unternehmen der Chemieindustrie, die auch für andere Produkte auf solare Rohstoffe setzen – von naturfaser- statt glasfaserverstärkten Kunststoffen über die Oberflächentechnik bis zu Klebstoffen, Wasch- und Reinigungsmitteln sowie Kosmetika. Bei einigen Chemieprodukten und bei Wasch- und Reinigungsmitteln umfasst die Umstellung auf solare Rohstoffe bereits die gesamte Produktlinie. Eine Fülle weiterer praktischer Beispiele kann schon genannt werden, jedes Mal auf der Basis unterschiedlicher solarer Rohstoffe: die Gewinnung von Chitin, woraus das Polymer Chitoson gewonnen wird, etwa aus dem Außenskelett von Schalentieren oder aus Pilzen, mit Anwendungen u.a. als Konservierungsmittel, für Katalysatoren und als Verpackungsmaterial; die Nutzung der Stärke von Erbsen für neue Werkstoffe; die Verwendung von Stärkekartoffeln, deren Fruchtwasser Nitrat und Kali enthält, für Verbundwerkstoffe, für fließfähiges Verpackungs- und Polstermaterial oder für Kunststoff-Folien; die von Pflanzenfasern und Zellulose für Dämmstoffe, Schaumstoffe und Zellulose; die von Mais für Verpackungschips; die von Hanf oder Flachs als „Allzweckwaffen“ für Textilien, Baumaterialien, Arzneimittel oder Papier; die von Bananenstämmen als hochleistungsfähige Fasern. Stets ist dabei alles Produzierte wieder von der Natur selbst abbaubar und in diese rezyklierbar.

Solare Rohstoffe bieten, wie zuvor schon erwähnt, bereits ein verwertbares Material an, das bei der Nutzung fossiler Rohstoffe erst in hochgiftigen und hochkomplizierten Verfahren präpariert werden muss. In den Worten Fischers bilden Pflanzen „niemals nur eine Substanz oder auch nur eine Stoffklasse. Selbst die einfachen Nadelbäume synthetisieren zugleich Zellulose, Lignin, Rindenfarbstoffe, Gerbstoffe, Chlorophyll, Pflanzenwachs auf der Oberseite der Nadeln, ätherische Duft-Öle, Harze, Terpentinöle, öl- und eiweißreiche Zapfen und tausenderlei andere leicht nutzbare und begehrte Naturstoffe. Fast das gesamte Spektrum der Pflanzenprodukte findet sich bei jeder einzelnen Spezies der meisten Pflanzenarten. Es liegt daher nahe, eine Pflanze nicht nur um eines Rohstoffs willen zu ernten, sondern nach Möglichkeit alle Teile der Pflanze zu nutzen.“<sup>190)</sup> Solare Rohstoffe haben offenkundige Vorteile im industriellen Verarbeitungsprozess. Allerdings bedeutet dies die Abkehr von der industriellen Monokultur der chemischen Industrie, die bis in das Stadium der Vorprodukte reicht. Daraus ergibt sich, dass solare Rohstoffe eine Chance für kleinere und mittlere Unternehmen darstellen, sich auf dem Markt chemischer Produkte zu behaupten.

In Deutschland lag 2000 der jährliche Rohstoffverbrauch der chemischen Industrie bei 13 Mio. t Erdöl, 2,7 Mio. t Erdgas, 1,5 Mio. t Kohle und 1,8 Mio. t Pflanzenmaterial. Aus letzteren wird vor allem Stärke gewonnen: 450.000 t Stärke und 250.000 t Zellulose gewonnen; 900.000 t stammen aus Pflanzenölen und -fetten. Das enorme Potential, das sich in diesen Zahlen widerspiegelt, wurde bisher aus den verschiedensten Gründen nicht genutzt. Die meist kleinen Hersteller weiterer pflanzenchemischer Produkte sind auf Spezialmärkte angewiesen, weil sie über keine großen Vermarktungsorganisationen verfügen. Die chemische Wissenschaft bekommt ihre Forschungsaufträge überwiegend von der Petrochemie. Und die Umweltbewegung, die sich weitgehend auf Naturschutz ohne Naturnutzung spezialisiert, übte aufgrund

unreflektierter Vorurteile und mangelnder Information kaum Druck aus, um einen fundamentalen Wandel der chemischen Industrie zu forcieren.

### **Das Substitutionspotential solarer Rohstoffe**

In Römpps Chemielexikon ist nachzulesen, dass die chemische Industrie weltweit jährlich etwa 900 Mio. t fossile Grundstoffe umwandelt. Dem steht eine Jahresproduktion der Biosphäre schon allein auf der Landfläche des Erdballs von 1,7 Billionen t gegenüber. Letztere ist also fast 2000 mal größer als der Gesamtbedarf für petrochemische Produkte.<sup>192)</sup> Auf der 4. Internationalen Konferenz „Solar Energy Storage and Applied Photochemistry“ im Januar 1997 in Kairo wurde vorgerechnet, dass die Jahresproduktionsleistung der chemischen Industrie an Stoffen nur 0,02 % der jährlichen Produktionsleistung der Natur ausmacht.<sup>193)</sup>

Die UNEP spricht in ihrem „Global Biodiversity Assessment“ von 10 bis 100 Mio. Pflanzenspezies. In der „Nutzpflanzenkunde“ von Wolfgang Franke wird von 400.000 bekannten Arten gesprochen. Davon werden 20.000 – also 5 % – für Nahrungs-, Heil-, Genuss- und technische Zwecke genutzt. Kultiviert werden jedoch nur etwa 5.000 Arten, und als Feldfrüchte im großen Stil werden nur 660 angebaut. Wieviele Verwertungsmöglichkeiten eine Pflanze hat, ist nur von wenigen und meist nur ansatzweise erkannt worden. Schon Einzelbeispiele zeigen ein faszinierendes Panorama von Möglichkeiten. So spricht alles dafür, dass die Vielfalt möglicher Produkte aus der „wieder entdeckten“ Naturpflanze Hanf, die in einem vielbeachteten Buch zusammengetragen wurde, auch in diesem Fall lediglich ein kleiner Ausschnitt war: Aufgeführt werden hier nur die aus der Kulturgeschichte bekannten Nutzformen. Welche zusätzlichen es gibt, wird sich erst offenbaren, wenn sich die Rohstoffforschung diesem Thema endlich intensiv widmet. Es könnten dann rasch einige hundert Produkte hinzukommen. Ähnliches gilt wahrscheinlich für nahezu alle 400.000 bekannten und zahllosen unbekannteren Pflanzenarten, nicht gerechnet die Stoffkombinationen.

Die tatsächliche Stoffvielfalt dürfte nicht bezifferbar sein. Sie wird weit über die der registrierten Chemikalien hinausgehen. Die Schätzung, dass die Wissenschaft heute deutlich weniger als 1 % der tatsächlichen Möglichkeiten kennt, ist nicht zu niedrig gegriffen. Zu solchen Kenntnissen zählt das Wissen, welche Pflanze unter welchen Anbaubedingungen bei welcher Nutzungsart den jeweils höchsten und qualitativ wertvollsten Ertrag bringt. Statt dieses Potential als Chance für eine grundlegende Ökologisierung der chemischen Industrie zu sehen, wird die Weltgesellschaft jedoch weiterhin von der fossilen Energie- und Stoffwirtschaft in einem Stadium wirtschaftlicher Monostrukturen gehalten, das in einem laufend krasser werdenden Kontrast zur wachsenden Vielfalt an Möglichkeiten steht. Zweifellos wäre es möglich, die gesamte Bandbreite der Petrochemie Zug um Zug durch eine solare Chemie abzulösen.

Doch wie sieht es beim anderen Bereich erschöpflicher Rohstoffe aus, bei den metallischen Ressourcen? Die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe führt in ihrer Veröffentlichung „Mineralische Rohstoffe. Bausteine für die Wirtschaft“ die Substitutionswerkstoffe für zwölf wichtige Metalle an, von denen sieben schon teilweise substituiert worden sind: Ummantelungen, Rohre, Ölleitungen, Filter, Haushaltsgeräte, Fenster und Türen, Abwasserinstallationen, Dachrinnen, Verpackungen werden statt aus Kupfer, Aluminium, Messing, Stahl, Blei, Zink und Zinn aus Kunststoff gefertigt. Sie können mithin auch aus solaren Rohstoffen hergestellt werden. Die Liste ließe sich beliebig verlängern: von Autokarosserien bis zu Flugzeugrümpfen und -tragflächen, von Schiffsrümpfen bis zu Tankbehältern und

Kabeln. Eine der großen Substitutionsmöglichkeiten von Metallen ist die von Aluminium durch Holz als Baumaterial. Baukonstruktionen aus Holz erfahren nicht zufällig eine Renaissance.

Dies alles sind nur Momentaufnahmen, weil die Nutzung solarer Rohstoffe erst vor einem neuen Anfang mit nahezu unendlich erweiterbaren wissenschaftlich-technischen Möglichkeiten steht. Je mehr diese Entwicklung in Bewegung kommt, desto mehr Möglichkeiten erschließen sich auch zur Substitution metallischer Rohstoffe. Auch wenn nicht alle Metalle substituiert werden können (z.B. diejenigen mit hoher Leitfähigkeit oder extremer Hitzebeständigkeit), so ergibt sich aus dem solaren Rohstoffpotential doch in jedem Fall die Möglichkeit einer drastischen Reduktion konventioneller Rohstoffe.

### **Mit solaren Rohstoffen von landwirtschaftlichen Monokulturen zu Multikulturen**

Gegen eine breite Nutzung solarer Rohstoffe (und damit de facto gegen die Substitution fossiler Rohstoffe durch diese) hat nicht nur die chemische Industrie ihre mit „Kosten“ begründeten Einwände. Aus der Diskussion über den Umweltschutz werden daneben zwei Standardargumente angeführt, die auch die Diskussion um die Biomasse als Energiequelle dauernd begleiten:

Zum einen die „Flächenkonkurrenz“ zur Nahrungsmittelproduktion. Aus „ethischen Gründen“ müsse an der fossilen Kohlenstoffchemie festgehalten werden, weil sonst nicht mehr genügend Anbauflächen für die Welternährung zur Verfügung stünden. Doch dieses Argument ist, wie die im zweiten Kapitel genannten Daten über weltweite Anbauflächen zeigen, nicht haltbar. Das Drittel der Jahreserdölförderung, das für die synthetischen Produkte der chemischen Industrie verwendet wird, kann aus den dort angeführten Gründen durchaus durch die photosynthetische Produktionsleistung der Natur ersetzt werden. Die Quote könnte auch noch höher sein.

Zum anderen wird die Gefahr übermäßiger Bodenbeanspruchung und von Monokulturen in der landwirtschaftlichen Erzeugung beschworen. Doch es ist mehr als fraglich, ob diese Tendenzen durch die Nutzung solarer Rohstoffe für den Energie- und Rohstoffbedarf automatisch noch weiter verschärft würden. Für die energetische Nutzung ist dies bereits unter der Voraussetzung verneint worden, dass der technisch wie wirtschaftlich optimale Weg dafür eingeschlagen wird.

Viele Analysen des Londoner King's College zeigen, dass die Erosionsgefahren und der Verbrauch an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln für Energieernten wesentlich niedriger sind als beim Anbau von Nahrungsmitteln: Die Erosionsgefahren sind um den Faktor 12,5 niedriger, der Düngemittelbedarf um den Faktor 2,1, der Herbizidbedarf um den Faktor 4,4, der Insektizidbedarf um den Faktor 19 und der Fungizidbedarf um den Faktor 39 – jeweils errechnet aus dem Vergleich eines so genannten Kurzumtriebswaldes, etwa mit Weiden, gegenüber dem Anbau von Korn, Weizen oder Sojabohnen. Dabei sind die energetischen Verwertungskonzepte, die auf einen bewusst wahllosen Grünschnitt von Pflanzen zielen und mehr als eine Ernte im Jahr ermöglichen, noch nicht einmal einberechnet; auch nicht die Möglichkeiten, auf chemische Dünge- und Pflanzenschutzmittel ganz zu verzichten, wie sie sich gerade aus dem Wechsel von fossilen zu solaren Rohstoffen in der chemischen Industrie ergeben. Die Bodenbeanspruchung ist also für den Bereich der Energiepflanzen im Vergleich zur Nahrungsmittelerzeugung geringer. Bei der Nutzung der Pflanzen als Rohstoff geht es keineswegs allein um die Menge, sondern um die jeweilige Rohstoffqualität. Bei solaren Rohstoffen sind, wie gezeigt wurde, im Unterschied zu den fossilen Rohstoffen bereits von der Natur so hohe Stoffqualitäten *vorproduziert*,

dass eine breitere Nutzung für immer mehr Produkte in der Landwirtschaft zwangsläufig einen Trend von Mono- zu Multikulturen begünstigen oder sogar auslösen wird. Für den Anbau solarer Rohstoffe sind demnach Monokulturen keineswegs unumgänglich. Diese gibt es in der Nahrungsmittelerzeugung, die auf immer weniger Arten und Sorten reduziert wurde, im Wesentlichen bei Mais, Weizen, Reis, Kartoffeln. Der Vielzahl der von Pflanzen direkt angebotenen Stoffe entspricht eine große Vielzahl dafür notwendiger Sonderkulturen in der Landwirtschaft. Zwar gibt es das Problem, dass viele begehrte Stoffelemente in Pflanzen nur in kleinen Mengen vorhanden sind, etwa Duftstoffe, so dass für deren Gewinnung große Pflanzmengen erforderlich sind. Deshalb kann und darf es bei solaren Rohstoffen nicht allein um einen einzigen spezialisierten Nutzen gehen. Die Chancen für die Rückkehr zu biologischen Anbaumethoden steigen, je mehr die Möglichkeiten und die wirtschaftlichen Vorteile erkannt werden, die sich aus der umfassend angelegten Vielfachnutzung pflanzlicher Ressourcen und deren Reststoffen ergeben. Wo es bei der Umwandlung fossiler Rohstoffe in chemische Produkte hochgiftige Abfälle gibt, eröffnet die Umwandlung solarer Rohstoffe die Möglichkeit, statt Entsorgungskosten zusätzliche Verwertungsgewinne zu erzielen. Alle Pflanzenreste, die nicht für die Erzeugung eines bestimmten Produkts gebraucht werden, können stets mindestens zur Biogaserzeugung und dessen Einsatz verwertet werden. Eine chemische Industrie, die mit solaren Rohstoffen arbeitet, wird schon aus Produktivitätsgründen ihren Energiebedarf mit Bio-Energie decken. So kann sie mit der Biomasse immer einen energetischen und einen stofflichen Effekt erzielen.

Die Orientierung der Industrie auf wenige große Hauptlinien der Grundstoffproduktion und die der Landwirtschaft auf wenige Anbauarten steht eine Multiproduktion von Grundstoffen – und damit eine vielfältige Produktion in kleineren Erzeugerbetrieben für Rohstoffe gegenüber. Grobschlächtig steht damit gegen feingliedrig, singuläre Massenerzeugung gegen pluralistische Erzeugung, Monokulturen gegen Polikultur der Rohstoffbereitstellung und -nutzung. Die solaren Rohstoffe sind einer fossilen Rohstoffbasis haushoch überlegen, die die Gesellschaft laufend dazu veranlasst, hinter ihrem Wissen zurückzubleiben und damit weit unter ihrem möglichen Niveau zu produzieren.

Die chemischen Produkte aus fossilen Kohlenwasserstoffen sind die Hauptursache für das Müllproblem der Zivilisation. Die synthetischen Verbindungen sind entweder nicht oder nur mit komplizierten und kostspieligen Verfahren wieder in ihre Ausgangsstoffe zerlegbar. Dies reduziert ihre Wiederverwertungsmöglichkeiten drastisch, da sie von der Natur schwer oder überhaupt nicht abbaubar sind, so dass sie entweder deponiert oder – mit negativen Umweltfolgen – verbrannt werden müssen. Aus Pflanzen hergestellte Chemieprodukte werden nicht nur gegebenenfalls von der Natur selbst recycelt, sondern sind auch verbrennungsfreundlich. Damit wird das Müllproblem entscheidend entschärft: Die Müllentsorgung wird zudem auch für die Menschen, die heute zur Mülltrennung veranlasst werden, wieder vereinfacht und kostengünstiger, weil der Müll auf zwei Kategorien reduziert werden kann: auf relativ leicht wieder verwertbare metallische Abfälle und auf organische Abfälle. Damit wird die Müllverwertung selbst sogar zu einem integrierten Element der Bereitstellung erneuerbarer Energien. Dieser Möglichkeit stehen heute vor allem die Produkte aus der fossilchemischen Industrie entgegen, denen im Umwandlungsprozess meist Schwermetalle beigemischt werden. Um die Kosten der Produkte selbst geringfügig zu senken, wird der Verbraucher also mit wesentlich höheren Kosten im Bereich der Entsorgung belastet – ein weiterer Beweis dafür, auf welche Weise die fossile Ressourcenwirtschaft der Entwicklung produktiver Wirtschaftsformen behindert!

Angesichts des Substitutionspotentials, der Umweltvorteile und der verbesserten Produktivitäts-Chancen, die solare Rohstoffe für kleine und mittlere Unternehmen bieten, ist es kontraproduktiv, wegen der negativen Erfahrungen aus der „modernen“ landwirtschaftlichen Produktion den Weg zu einer solaren Rohstoffwirtschaft pauschal abzulehnen. Dass Gefahren bestehen, ist – siehe dazu auch die Ausführungen im zweiten Kapitel – nicht von der Hand zu weisen. Industrieunternehmen untergraben häufig aus kurzfristigen sogar eigene langfristige Interessen. Ein Konzern nimmt auch keineswegs Rücksicht auf andere Unternehmen desselben Industriezweiges, die bewusst auf die Alternative setzen – im Gegenteil. Wer aber eine Neuorientierung hin zu solaren Rohstoffen ablehnt, weil dabei auch ökologische Probleme auftauchen können, muss diese immer noch mit den Folgen fossiler Rohstoffumwandlung vergleichen. Vor allem aber: Wer einen umfassenden Wandel ablehnt, überlässt das solare Ressourcenpotential allein denjenigen, die es in den von der fossilen Rohstoffumwandlung geprägten Strukturen verarbeiten. Damit ist auch tendenziell der Weg zu Monokulturen vorgezeichnet – obwohl dies aus wirtschaftlichen Gründen nicht nötig ist und damit der größte Teil des solaren Stoffreichtums ungenutzt bliebe.

Die meisten Energieexperten und ebenso die meisten sich mit umweltschädigenden Stoffen befassenden Experten der ökologischen „community“ sehen das Energie- und Rohstoffproblem nicht als Einheit. Im Gegensatz dazu sind sich die Energie- und die Chemiewirtschaft wegen des beiderseitigen Bedarfs an fossilen Kohlenwasserstoffen ihrer gemeinsamen Interessen sehr wohl bewusst, auch wenn sie darüber nicht öffentlich reden. Bei einem Durchbruch der Sonnenenergienutzung zu Lasten des Erdöl- und Erdgasverbrauchs würden die aus fossilen Quellen stammenden chemischen Grundstoffe ihre aktuellen Kostenvorteile vor solaren Rohstoffen schnell verlieren. Die Kosten fossiler Energien würden steigen, wenn ein wachsender Teil des Absatzmarktes der chemischen Industrie verloren geht. Dies bedeutet: Je mehr solare die fossilen Rohstoffe substituieren, desto mehr wird dadurch auch der Ablösungsprozess der fossilen Energien durch erneuerbare Energien beschleunigt. Gerade deshalb ist es geboten, die Orientierung auf solare Energien und Rohstoffe als strategische Einheit zu sehen. Dadurch werden die Widerstände durchschaubar, die Möglichkeiten zur solaren Alternative deutlicher sichtbar und greifbar, und offenkundige Grenzen bisheriger Umweltpolitik können überschritten werden.

Je mehr dieses solare Stoffreichtum erkannt wird, desto mehr wird sich auch die wirtschaftliche Logik einer solaren Ressourcenwirtschaft durchsetzen, für die zwei Maximen gelten müssen:

Bei der Herstellung von chemischen Produkten sind solare den fossilen Rohstoffen immer dann vorzuziehen, wenn damit ein gleichwertiges Produkt hergestellt werden kann.

Die stoffliche Verwertung des Pflanzenguts hat, neben seiner Nutzung als Nahrungsmittel, Vorrang vor dessen energetischer Verwertung.

Letzteres bedeutet keine Zurücknahme des Ziels oder gar Verringerung des Potentials energetischer Pflanzennutzung, weil insgesamt genug Potential für den Ernährungs-, Rohstoff- und Energiebedarf vorhanden ist. Es ist auch keineswegs nötig, das Pflanzenpotential für die Zukunft vorzuhalten und deshalb auf seine energetische Nutzung zu verzichten: solare Rohstoffe wachsen immer wieder nach. Solange dieses Nachwachsen gewährleistet ist, ist es schnell möglich, von einer Nutzungsform zur nächsten zu wechseln: vom Nahrungsmittelanbau zu jenem von Energie- und dann wieder von industriellen Rohstoffpflanzen – und umgekehrt. Notwendig ist es aber, als elementares Gebot wirtschaftlicher Zukunftsvorsorge die Anbauvoraus-

setzungen vollständig zu erhalten – von den Böden bis zur Erhaltung der Artenvielfalt. Den sinnvollen Weg weisen integrierte Nutzungskonzepte, bei denen sich Nutzpflanzen für die verschiedenen Zwecke der Ernährung, Stoff- und Energieumwandlung wechselseitig ergänzen. Dies führt dann umso schneller zur kompletten Substitution fossiler Rohstoffe – also bis zu der von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln.

Sich darauf zu konzentrieren und den wirtschaftlichen Nutzen zu erkennen, ist die wirkliche biotechnologische Zukunftsoption. Die wissenschaftliche Suche nach dem, was die Natur an solarem Stoffreichtum – gemessen an dem jeweiligen Stoffbedürfnis für industrielle oder landwirtschaftliche Verwertung – von sich aus anbietet, ist wesentlich wirtschaftlicher als das, was mit der Biotechnologie gegenwärtig prioritär versucht wird: ein Stoffbedürfnis zu definieren und für dieses so lange an den Genen zu manipulieren bzw. transgene Pflanzen zu erzeugen, bis der vordefinierte Zweck erreicht ist.

Es ist jedoch kein Zufall, dass die Genmanipulation derzeit im Vordergrund steht.

Die Gründe dafür liegen in der naturwissenschaftlichen Tradition, Naturelemente aus dem Zusammenhang zu reißen. Die vorurteilsgetränkte Grundannahme der, schreibt Hermann Fischer in seiner Kritik der „harten Chemie“, „besteht darin, dass die in der Natur vorkommenden Substanzen nach Art und Menge nicht geeignet sind, wesentliche materielle Bedürfnisse moderner Industriegesellschaften zu erfüllen. Als Folge dieser Annahme einer quantitativ wie qualitativ unzureichenden Natur wird das Ziel formuliert, chemische Produkte in größtmöglicher Unabhängigkeit von den Naturprozessen zu erzeugen“. Was im Fall der Petrochemie unumgänglich ist, wird auch auf pflanzliche Rohstoffe methodisch übertragen. Eine auf Genmanipulation zielende Biotechnologie bietet dazu die Möglichkeiten in einer Weise, die den Vermarktungsbedürfnissen der chemischen Industrie entspricht: sie scheint der schnellste Weg zu sein, ein konkretes Stoffbedürfnis kommerziell zu befriedigen – jedenfalls viel schneller, als es mit der traditionellen Pflanzenzucht möglich war. Ihre gegenwärtigen Schwerpunkte liegen bei der so genannten „roten Biotechnologie“ – für medizinische, therapeutische und diagnostische Zwecke – und bei der „grünen Biotechnologie“ für Landwirtschaft und Lebensmittel.

Ein Beispiel ist der Versuch, Pflanzen resistent gegen Schädlinge zu machen, indem man ihnen das Pestizid quasi einbaut. Diese gentechnische Manipulation wird damit begründet, herkömmliche Pestizide einsparen zu können und gleichzeitig einen Beitrag zur Welternährung bzw. zur Bekämpfung des Hungers leisten zu können. Ginge man biotechnologisch nach den Interessen landwirtschaftlicher Betriebe statt der Chemieindustrie vor, gäbe es auch andere Wege des Pflanzenschutzes, auf die der brasilianisch-deutsche Landwirtschaftsexperte und einstige brasilianische Umweltminister José Lutzenberger immer wieder aufmerksam macht: z.B. statt Pestiziden mit Wasser verdünnte Gülle oder verzuckertes Ethanol einzusetzen, die beide in der landwirtschaftlichen Produktion ohnehin anfallen. Mit diesen Methoden wird zudem das Immunsystem der Pflanzen gestärkt. Mit der Zucht schädlingresistenter Pflanzen versucht die chemische Industrie im Übrigen, frühzeitig ein Substitut für die Pestizide aus der Petrochemie bereitzustellen – für eine Zukunft, in der die fossile Kohlenwasserstoffbasis erschöpft sein wird. Die weltweit zehn größten Pestizid-Anbieter – Ciba-Geigy, ICC, Rhone-Poulenc, die US-Konzerne Du Pont, Dow Elanco und Monsanto, Bayer, Hoechst und BASF und der niederländisch-britische Shell-Konzern (also jeweils drei deutsche und amerikanische Konzerne) – erzielen mit Pestiziden einen Jahresumsatz von 5 Mrd. Dollar. Sie sind teilweise identisch mit den zehn größten Saatgut-Lieferanten, die ihre Marktposition durch

genmanipuliertes Saatgut ausbauen und endgültig monopolisieren wollen und können.

Die beiden angeführten Argumente für die Genmanipulation sind fadenscheinig und halten keiner näheren Überprüfung stand. Mit dem Argument der Überwindung oder der künftigen Vermeidung von Welthunger wird schon seit Jahrzehnten immer wieder Schindluder getrieben. Die so genannte „Grüne Revolution“ wurde vor Jahrzehnten damit begründet, durch Einführung der industriellen Landwirtschaft überall die Erträge zu steigern. In Wahrheit wurde das Gegenteil erreicht, obwohl die Statistiken weiterhin Erfolgsmeldungen verkünden. Lutzenberger führt ein Beispiel an, das stellvertretend für das tatsächliche Resultat dieser landwirtschaftlichen Modernisierung stehen kann: „Es wird argumentiert, dass die indianischen Bauern in Chiapas, Mexiko, die gerade für ihr Überleben gegen die NAFTA, den nordamerikanischen Gemeinsamen Markt, rebellieren, rückständig seien. Sie produzieren nur zwei Tonnen Mais pro Hektar gegenüber sechs Tonnen auf modernen mexikanischen Plantagen. Aber dies ist nur eine Seite der Medaille: Die moderne Plantage produziert sechs Tonnen pro Hektar, und das ist alles. Aber der Indianer erzeugt auf derselben Hektarfläche eine gemischte Ernte – um die Maisstangen kletternde Bohnenpflanzen, Obst und Kürbisse, Süßkartoffeln, Tomaten und mehrere Gemüsesorten, Früchte und medizinische Kräuter. Auf derselben Hektarfläche füttert er seine Kälber und Hühner. Er produziert leicht fünfzehn Tonnen Nahrungsmittel pro Hektar und all dies ohne kommerzielle Düngemittel oder Pestizide, und ohne Unterstützung durch eine Bank oder Regierung oder transnationale Unternehmen.“ Doch die sechs Tonnen Mais erscheinen gegenüber den zwei Tonnen in der Statistik. Was der Landwirt aber bei einer Steigerung seiner Produktion auf sechs Tonnen nicht mehr an anderen Nahrungsmitteln produziert, muss er aus anderer Produktion kaufen. Er hat vielleicht etwas mehr Einkommen, aber höhere Kosten für Produktion und Selbsternährung, und dies zu Lasten der Umwelt. Es kann nicht verwundern, dass er bei den immer ständig niedrigeren Preisen, die ihm die Abnehmermonopole für seinen Mais zahlen, zur Betriebsaufgabe gezwungen und ins Elend gestürzt wird – und dass sich die agroindustriell arbeitenden Großanlagen durchsetzen, die direkt von den Nahrungsmittelkonzernen abhängig sind oder diesen gehören.

Dieser Irrweg der genmanipulierenden Biotechnologie für die Landwirtschaft kulminiert in der ständig wachsenden Abhängigkeit landwirtschaftlicher Betriebe von Saatgutmonopolisten und Patentinhabern. Statt für Pestizide muss für das pestizidhaltige Saatgut bezahlt werden. Felder, auf denen schädlingsresistente Pflanzen angebaut werden, können anschließend nicht mehr zum Anbau anderer Pflanzen dienen.<sup>205)</sup> Dies soll nun durch die Patentierung von Genen abgesichert werden. Solche Patentrechte versuchen die Nahrungs- und Chemiekonzerne rigoros durchzusetzen, indem sie immer mehr Hybridpflanzen anbieten; diese sind nur noch begrenzt fortpflanzungsfähig, und wenn ein Landwirt aus solchen Pflanzen selbst Saatgut gewinnen will, muss er mit minderer Qualität rechnen. Die Konzerne planen zudem mit Hilfe der neuen gentechnologischen "Terminator-Technik", dass sich entsprechend präparierte Pflanzen überhaupt nicht mehr regenerieren können. Landwirte werden damit endgültig von Saatgutlieferanten abhängig. Diese durch rein kommerzielle Monopolinteressen begründete Entwicklung bedeutet eine organisierte Verdrängung natürlicher Arten und das Ende freien Bauerntums auf dem Globus – auf der Basis staatlich patentierten Raubs von Lebewesen oder Teilen von Lebewesen, im Namen der "freien globalen Marktwirtschaft" und der Bekämpfung des Welthungers. Hinzu kommt, dass die Genmanipulation von Pflanzen – vom



Labor bis zum Feldversuch – in jedem Einzelfall hohe Kosten verursacht. Daraus erwächst ein massives Interesse der Industrie, dass das neue Saatgut auch zum Großeinsatz kommt, wofür bei politischen Institutionen alle Register gezogen werden. Diese haben sich in ihrer Forschungsförderung auch zunehmend diesem verhängnisvollen Ansatz der Biotechnologie angeschlossen, wie es Ulrich Dolata in seiner Untersuchung über Konzernstrategien, Forschungsprogramme und Technologiewettläufe im Bereich der Gentechnik herausgearbeitet hat.

Dies alles läuft auf eine systematische Reduktion des biologischen Potentials hinaus, die im totalen Widerspruch zu dessen natürlichem Reichtum steht. Im „Ersten Deutschen Biotechnologischen Reprot“ unter dem Titel „Aufbruchstimmung 1998“ heißt es: „Genetisch veränderte Mikroorganismen, Tiere und Pflanzen werden zu nachhaltigen Veränderungen in landwirtschaftlichen, medizinischen und industriellen Prozessen führen.“ Was in diesem Satz mit „nachhaltig“ gemeint ist, hat mit dem Ziel *nachhaltiger* Produktionsweisen nichts zu tun: Das herrschende Verständnis von Biotechnologie zielt auf *kurzhaltige* Pflanzen – und im Ergebnis auf weniger genutzte Pflanzen statt auf mehr. Die Richtung der Veränderungen muss umgekehrt sein. Deshalb muss es die vorrangige Aufgabe der Biotechnologie sein das gesamte vorhandene Potential und seine nachhaltigen Verwendungsmöglichkeiten gezielt zu erforschen. Statt an den Bedürfnissen der fossilen Rohstoffwirtschaft muss sie sich endlich an denen der Menschheit orientieren. Die wirtschaftliche Nutzung der Natur für die Stoffbedürfnisse der Menschheit ist nötig. Die Probleme entstehen, wenn die Natur selektiv manipuliert wird, ohne ihre Kreisläufe zu bedenken und sie in ihrer Gesamtheit zu sehen, zu kennen und zu verstehen. Deshalb muss ihre wirtschaftliche Nutzung mit Methoden und verfahren erfolgen, die nicht einfach der fossile Rohstoffnutzung entlehnt sind. Wahrscheinlich würde die Genforschung, die sich allzu sehr auf Genmanipulation mit unvorhersehbaren Folgen fixiert, sehr viel behutsamer vorgesehen und ihren Schwerpunkt auf die unzähligen Nutzungsmöglichkeiten des Pflanzenbestands legen, wenn die Patentierung von Genen – und damit deren privilegierte Nutzung durch einzelne Unternehmen –politisch ausgeschlossen würde.

---

Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen Ausschnitt aus Hermann Scheers Buch „Solare Weltwirtschaft“, dessen Erstveröffentlichung 1999 im Münchner Kunstmann-Verlag erfolgte und 2006 bereits in 6. Auflage erschienen ist. Das Buch wurde in zwölf Sprachen übersetzt und gilt weltweit als Klassiker der Diskussion um solare Ressourcen.

### Autorenverzeichnis

Adamiak, E. ....	100	Deuker, A. ....	200
Adamiak, J. ....	70, 100	Dieckmann, J. ....	12
Aedtner, I. ....	188	Diepenbrock, W. ....	94, 106, 108, 128, 164, 184, 222, 242, 288, 290, 292
Agramonte P., D. ....	260	Dietze, M. ....	24, 28, 118
Aigeltinger, R. ....	198	Dittert, K. ....	304
Alabsi, E. ....	272	Dittmann, L. ....	24, 26, 28, 204
Ali, S. ....	192	Dobos, G. ....	220
Bai, Y. ....	300	Dornbusch, T. ....	158, 292
Baresel, J. P. ....	74	Eichler-Löbermann, B. ....	282, 298
Batchelor, W. D. ....	168	Eickler, B. ....	34
Becker, N. ....	44	Ellmer, F. ....	76, 256
Becker, T. ....	114	Emeis, N. ....	176
Behrens, T. ....	164, 288	Emendack, Y. ....	242
Berk, A. ....	266	Erasmí, S. ....	178
Biewer, S. ....	178, 180	Farack, M. ....	124
Bilau, A. ....	72	Fausten, G. ....	188
Binder, J. ....	60	Fink, W. ....	92
Bischoff, J. ....	46, 258	Förster, K. ....	94
Bisschop-Larsen, L. ....	218	Franke, R. ....	194
Blagovic, D. ....	186	Freydank, S. ....	128
Blum, H. ....	188	Fricke, T. ....	178, 180, 182
Bockholt, R. ....	24, 26, 28, 30, 40, 272	Friedt, W. ....	1
Bockstaller, C. ....	116	Fuchs, J. ....	16
Bodner, G. ....	10, 310	Gärber, U. ....	188
Boelcke, B. ....	234	Gaudchau, M. ....	114
Böhm, H. ....	72, 266	Geier, J. ....	46
Böhmel, C. ....	110, 130, 216	Gerowitt, B. ....	72, 98, 254
Böhmer, J. ....	88	Ghasemnezhad, A. ....	190
Böttcher, U. ....	162, 172, 244, 246, 264	Gierus, M. ....	34, 270, 300
Brandhuber, R. ....	312	Gimplinger, D. M. ....	220
Braune, H. ....	290	Gödeke, K. ....	210
Brock, C. ....	78	Göhler, I. ....	196
Broer, I. ....	84	Golm, S. ....	194
Bruhn, C. ....	40	Göttmann, S. ....	284
Burkart, S. ....	286	Graeff, S. ....	60, 62, 82, 168, 170, 174, 216, 252
Bury, M. ....	32, 134	Graß, R. ....	212, 276
Buttchereit, K. ....	96	Grebe, S. ....	202
Christen, O. ....	44, 46, 48, 64, 66, 132, 176, 258, 262	Grimm, E. ....	108
Claupein, W. ....	20, 60, 62, 82, 110, 130, 136, 168, 170, 174, 214, 216, 230, 252	Gröbe, L. ....	184
Conrad, M. ....	122	Grohmann, Ph. ....	222
Czyż, H. ....	32, 134	Gröll, K. ....	170
Dai, M. ....	60	Gruber, H. ....	268
de Mol, F. ....	98	Gruber, S. ....	20, 136
Deike, S. ....	132	Grunert, M. ....	124
Dengler, M. ....	216	Häberle, A. ....	146
		Hagen, D. ....	64, 66

Heer, W. ....	316	Klostermann, I. ....	206, 208
Heinichen, K. ....	48	Kluge, S. ....	58
Heintz, V. ....	242	Koch, E. ....	250
Henke, J. ....	162	Koch, H.-J. ....	12, 14, 18, 226, 228
Hermann, W. ....	214, 252	Kocsis, L. ....	240
Herndl, M. ....	62	Kohl, M. ....	54, 166
Herrmann, A. ....	36, 38	Koller, W.-D. ....	252
Herzog, H. ....	242	Könker, H. ....	30
Hettwer, U. ....	254	Köppen, D. ....	260, 282, 298
Heuer, H. ....	18	Kowalski, B. ....	260, 298
Hildebrand, E. ....	236	Krause, U. ....	14
Hillebrand, V. ....	12	Kruse, S. ....	36, 38, 138
Himstedt, M. ....	180, 182	Kuhn, K. ....	94
Hinck, S. ....	176	Kusch, P. ....	92
Hochmuth, C. ....	278	Küstermann, B. ....	314
Hof, C. ....	278	Leithold, G. ....	78
Hoffmann, C. ....	58	Lemmens, M. ....	8
Hoffmann-Bahnsen, R. ...	128, 222, 242	Lemnitzer, B. ....	312
Hofmann, B. ....	44, 46, 48, 64, 66, 258	Lewandowski, I. ....	130
Hofmann, M. ....	308	Liebhard, P. ....	232, 238, 240
Hölscher, T. ....	116	Liedgens, M. ....	50, 52
Honarnejad, R. ....	22	Limbrunner, B. ....	294
Honermeier, B. ....	114, 186, 190, 192, 284	Link, J. ....	168, 174, 214
Hong, D. ....	106	Liu, M. ....	60
Hoyer, U. ....	312	Lockau, W. ....	84
Hübner, W. ....	96	Loges, R. ....	42, 218, 274, 296, 304
Hühns, M. ....	84	Loiskandl, W. ....	10, 310
Hülsbergen, K.-J. ....	280, 312, 314, 320	López, R. ....	282
Hund, A. ....	50	Lörcher, M. ....	280
Inanlu, F. ....	22	Lorenz, N. ....	250
Isselstein, J. ....	308	Luthardt-Behle, T. ....	114
Jahn, M. ....	188, 250	Maidl, F.-X. ....	294, 316
Jähnisch-Martens, G. ....	196	Maier, J. ....	116
Johnen, T. ....	244	Manderscheid, R. ....	56, 286
Jörg, E. ....	244	Manhart, H. ....	280
Kage, H. ....	54, 162, 166, 172, 244, 246, 264	Märländer, B. ....	90, 226
Kahle, P. ....	236	Matthes, C. ....	192
Kainz, M. ....	314, 320	Mauschering, I. ....	274
Kaltschmitt, M. ....	2	Mayus, M. ....	214
Kappas, M. ....	178	Merkt, N. ....	252
Kappes, K. ....	30	Meyer-Schatz, F. ....	264
Kauke, J. ....	224	Miller, H. ....	12
Kaul, H.-P. ....	8, 10, 220, 310	Milovanovic, D. ....	232
Kayser, M. ....	302	Müller, Johannes ...	164, 288, 290, 292
Kesting, S. ....	302	Müller, Jürgen ...	40, 302
Kitczak, T. ....	32, 134	Müller, K.-J. ....	250
Kleen, J. ....	270	Müller, Karla ...	246
Klimek, S. ....	150	Müller, Klaus ...	176
		Müller-Sämman, K. ....	116

Nannen, D. U.....	304	Schubert, S.....	248
Naumenko, V.....	108	Schüler, C.....	276
Nega, E.....	188	Schumann, H.....	112
Nehring, A.....	210	Seidel, K.....	302
Neumann, H.....	218	Sensel, K.....	198
Neumann, K.....	84	Siebert, L.....	64, 66
Niederstraßer, J.....	68	Siebrecht, N.....	320
Oltmanns, M.....	80	Sieling, K.....	162, 262
Pacholski, A.....	56	Spieß, H.....	250
Pacyna, S.....	226, 228	Stamp, P.....	50, 52
Pa-In, N.....	50	Steinbrecht, D.....	282
Pallutt, B.....	132	Steininger, M.....	262
Pasban-Islam, B.....	22	Steinmann, H.-H.....	254
Pasda, G.....	318	Stinner, W.....	200
Paul, S. D.....	84	Stockfish, N.....	16, 228
Peetla, P.....	106	Stockmann, F.....	82
Peter, R.....	52	Stolzenburg, K.....	86, 126
Peters, J.....	208	Strauss-Sieberth, C.....	310
Pinker, I.....	194	Struck, C.....	68
Pistorius, E.....	84	Stülpnagel, R.....	202
Praznik, W.....	238	Szyca, S.....	70
Prem, W.....	280	Taube, F.....	34, 36, 38, 42, 218, 270, 274, 296, 300, 304, 306
Pude, R.....	88, 104	Terry, F. J.....	260
Rathke, G.-W.....	128, 184, 222	Thrän, D.....	2
Rauber, R.....	278	Thumm, U.....	230
Raupp, J.....	80	Titze, A.....	268
Reeb, D.....	248	Tomanová, O.....	18
Reents, H. J.....	74	Tonn, B.....	110, 230
Reineke, H.....	16	Treseler, C.-H.....	104
Rennebaum, H.....	108	Treyse, K.....	306
Reulein, J.....	120	Trzaskoś, M.....	32
Röver, K.-U.....	308	Ulrich, S.....	44, 48
Rücknagel, J.....	154	Urbatzka, P.....	276
Sadowski, T.....	70	Vetter, A.....	122, 124
Sahin, N.....	308	Vetter, R.....	116
Samizadeh, H.....	22	Vogt-Kaute, W.....	250
Sander, G.....	14	Wachendorf, M.....	102, 120, 178, 180, 182, 202
Sasse, A.....	76, 256	Wächter, R.....	250
Schäfer, J.....	174	Wagner, B.....	262
Scheer, H.....	322	Wagner, D.....	102
Scheffer, K.....	102, 120, 212	Waldow, F.....	250
Schenk, R.....	194, 196	Wan, H.....	300
Schenzel, K. C.....	106	Wang, P.....	60
Scherer, W.....	142	Weber, A.....	82, 252
Schiborra, A.....	300	Weigel, H.-J.....	56, 286
Schlinker, G.....	14	Weingartmann, H.....	232
Schmid, H.....	314	Wenske, K.....	314
Schmidtke, K.....	278		
Schmude, D.....	204		

Wernecke, A.....	292	Wilbois, K.-P. ....	250
Wernecke, P.....	290, 292	Wissemeier, A.....	318
Westphal, D.....	42, 296	Wrage, N. ....	308
White, J.....	62	Yan, F. ....	186, 192
Wichmann, S. ....	8	Zerulla, W. ....	318
Wienforth, B.....	54, 166	Ziegler, K. ....	84
Wieser, P. ....	184		