Johann Heinrich von Thünen-Institut

Tagungsband

Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft

15./16. Juni 2009
Braunschweig

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Johann Heinrich
von Thünen-Institut

Fachtagung:

Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel –
Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft
15./16. Juni 2009
Volkswagen Halle Braunschweig

Veranstalter:

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)
und
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI),
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei
im Auftrag der Agrarministerkonferenz vom Herbst 2008 in Meißen

Organisation:

Dr. Annette Freibauer, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, vTI
Bernhard Osterburg, Institut für Ländliche Räume, vTI

Finanzierung:

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI),
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei

Tagungssekretariat:

Barbara Lange, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, vTI

Webseite und Layout:

Dörte Prüfert, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, vTI

http://www.vti.bund.de/de/institute/ak/aktuelles/veranstaltungen/homepages/0901_klimaschutz/

Braunschweig, Juni 2009

Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

Vorwort der Veranstalter

Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel gehören zu den wichtigsten umwelt-, gesellschafts- und wirtschaftspolitischen Herausforderungen der heutigen Zeit. Das gilt global wie auch regional für alle Sektoren unserer Gesellschaft. Dabei richtet sich auch an die Land- und Ernährungswirtschaft die Frage, wie die von ihr ausgehenden Treibhausgasemissionen möglichst gering gehalten werden können und welche Maßnahmen für eine Anpassung der Land-, Forst-, Fischerei- und Ernährungswirtschaft an die sich ändernden Bedingungen erforderlich sind.

Demnächst über 9 Mrd. Menschen ausreichend und möglichst ausgewogen zu ernähren, ist eine zentrale Aufgabe der Landwirtschaft, die sie auf absehbare Zeit fordert, hohe Erträge zu erzielen. Dafür gilt es seit Menschengedenken, standortgerecht zu wirtschaften. Neu ist jedoch das Tempo, mit dem es gilt, sich auf den Klimawandel einzustellen, eine Herausforderung, vor der insbesondere die Forstwirtschaft mit ihren langen Produktionszyklen steht.

Auf der Agrarministerkonferenz im Herbst 2008 in Meißen wurden Maßnahmen zu einer nachhaltigen Klimaanpassungsstrategie und Klimaschutzpolitik in der Land- und Forstwirtschaft beschlossen. Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz wurde beauftragt, eine Fachtagung zur Unterstützung des Wissenstransfers von der Forschung hin zur Praxis durchzuführen.

Die Tagung wendet sich an Interessenten aus Politik, Verwaltung, Verbänden, Wissenschaft und Öffentlichkeit. Anhand von Überblicksvorträgen und Projektbeispielen wird der Stand des Wissens zu Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel in Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Ernährung vorgestellt und diskutiert. Die Veranstaltung soll ein Forum für den fachlichen Austausch bieten und dazu beitragen, die Vielzahl von Forschungsaktivitäten und insbesondere die Anstrengungen zum Klimaschutz mit denen zur Anpassung an den Klimawandel zu vernetzen.

Die Fachtagung „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“ stößt auf ein besonders großes Interesse. Sie ist mit 26 Übersichtsvorträgen, 130 Postern und 360 Teilnehmern bislang die größte deutsche Fachveranstaltung zu diesem Thema.

Staatssekretär Gert Lindemann
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

Präsident Carsten Thoroe
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei

Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Veranstalter 1
Inhaltsverzeichnis 2
Organisatoren 3
Programmkommission: 3
Danksagung 4
Programm 5
Zusammenfassungen der Vorträge 9
Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft zum Klimawandel 9
Programme zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel 9
Aktiver Klimaschutz – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft 21
Verbraucherverhalten und Bewertungsinstrumente in der Praxis 38
Anpassung an den Klimawandel in der Agrar- und Forstwirtschaft und Fischerei 45
Posterindex nach Themenblöcken 62
Themenblock 1: Forstwirtschaft: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel 62
Themenblock 2: Boden: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel 95
Themenblock 3: Pflanzenbau, -zucht, -schutz: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel 136
Themenblock 4: Tierhaltung: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel 153
Themenblock 5: Nachwachsende Rohstoffe und Kaskadennutzung incl. Bioenergie 169
Themenblock 6: Verbraucherverhalten, Bewertung und Umsetzung politischer Maßnahmen 184
Index der Autoren 210

Organisatoren

Programmkommission:

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz	Dr. Claus Bormuth (Leiter der Programmkommission)
vTI Johann Heinrich von Thünen-Institut	Prof. Dr. Andreas Bolte
	Dr. Annette Freibauer
	Bernhard Osterburg
JKI Julius Kühn-Institut	PD Dr. Jörg Michael Greef
	Prof. Dr. Frank Ordon
FLI Friedrich Löffler-Institut	Prof. Dr. Sven Dänicke
	Dr. Ulrich Meyer
MRI Max-Rubner-Institut	Dr. Erika Claupein
FNR Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe	Dr. Dietmar Peters
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH	Elmar Fischer

Danksagung

Die Organisatoren danken für die tatkräftige Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung der Tagung den folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI):

Präsidialbüro und Pressestelle des vTI: Margit Fink, Christine Hildebrandt, Gudrun Hügues-Bruns, Michael Welling

vTI Institut für Agrarrelevante Klimaforschung: Barbara Lange, Dörte Prüfert; Reiner Mohr, Andrea Oehns-Rittgerodt, Hanne Schmidt

vTI Institut für Betriebwirtschaft: Kati Böttger, Heidrun Fornahl

vTI Verwaltung: Carola Steinmark, Gudrun Winkler

Programm

Programmübersicht und Vorträge

Programm 15. Juni 2009

Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Moderation: Carsten Thoroe, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)

11:00 Eröffnung
Carsten Thoroe, Präsident
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Braunschweig

11:05 Grußworte
Staatssekretär Gert Lindemann
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

11:15 Klimawandel: Herausforderungen für die Land- und Forstwirtschaft
Heiner Flessa, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung (vTI-AK), Braunschweig

Programme zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel

Moderation: Christian Grugel, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

11:45 Current climate change mitigation and adaptation issues and activities in the UK in relation to agriculture, forestry and land management
Ian Pickard, Defra, Großbritannien

12:00 Programme in den Niederlanden
Jan de Wilt, Innovatienetwerk, Niederlande

12:15 Programme des Bundes
Claus Bormuth, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn

12:35 Programme in Mecklenburg-Vorpommern
Thorsten Permien, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin

12:45 Programme in Bayern
Wolfgang *Sailer, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München*

13:00 **Mittagspause**

Aktiver Klimaschutz – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft

Moderation: Annette Freibauer, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung (vTI-AK)

14:00 Forstwirtschaft: Kohlenstoffmanagement im Ökosystem
Michael Köhl, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Weltforstwirtschaft (vTI-WFW), Hamburg

14:25 Kohlenstoffspeicher Holzprodukte und Substitutionseffekte
Sebastian Rüter, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Holztechnologie und Holzbiologie (vTI-HTB), Hamburg

14:45 Holzkette: Kaskadennutzung
Arno Frühwald, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Holztechnologie und Holzbiologie (vTI-HTB), Hamburg

15:05 Schutz vorhandener Kohlenstoffspeicher: klimafreundliche Moornutzung
Matthias Drösler, Technische Universität München, Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Freising

15:25 „Biochar“: Kohlenstoffeinlagerung in Ackerböden
Bruno Glaser, Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Bodenphysik, Bayreuth

15:45 **Kaffee**

Moderation: Heiner Flessa, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung (vTI-AK)

16:10 Stickstoff-Überschuss in der Landwirtschaft Deutschlands: Folgen für Böden, Gewässer und angrenzende Ökosysteme
Rolf Nieder, Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie, Braunschweig

16:30 Strategien zur Minderung von klimarelevanten Emissionen und N-Ausscheidungen aus der Tierproduktion
Peter Lebzien, Ulrich Meyer, Heiner Niemann, Sabrina Hachenberg, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Institut für Tierernährung, Braunschweig

16:50 Klimagasbilanzen und CO_2-Minderungskosten bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
Helmut Döhler, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt

17:10 **Posterpräsentation und Diskussion in Gruppen**

19:30 **Abendbuffet**

Programm 16. Juni 2009

Verbraucherverhalten und Bewertungsinstrumente in der Praxis

Moderation: Rudolf Rantzau, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung

09:00 Umweltökonomische Bewertung: CO_2-Vermeidungskosten
Bernhard Osterburg, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ländliche Räume (vTI-LR), Braunschweig

09:20 Mit nachhaltiger Ernährung das Klima schonen. Wie können Verbraucher dazu beitragen?
Erika Claupein, Max Rubner-Institut/MRI, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Ernährungsverhalten, Karlsruhe

09:40 Theoretische Grundlagen und Berechnungsmethoden für den Product Carbon Footprint
Jennifer Teufel, Öko-Institut, Freiburg

10:00 Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung und Kennzeichnung des Product Carbon Footprints von Lebensmitteln
Andreas Bosselmann, Frosta AG, Bremerhaven

10:20 **Kaffee**

Anpassung an den Klimawandel in der Agrar- und Forstwirtschaft und Fischerei

Moderation: Eckhard Heuer, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

10:50 Forstwirtschaft: Optionen und Grenzen
Andreas Bolte, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Waldökologie und Waldinventuren (vTI-WOI), Eberswalde
Bernd Degen, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Forstgenetik (vTI-FG), Großhansdorf

11:10 Forstwirtschaft: Flexibilität als Schlüssel für den langfristigen Erfolg
Thomas Knoke, Technische Universität München, Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung, Freising

11:30 Pflanzenbau: Optionen und Grenzen
Detlev Dölger, Hanse Agro Beratung & Entwicklung GmbH

11:50 Anpassung durch Pflanzenzüchtung
Peter Wehling, Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftliche Kulturen, Groß Lüsewitz

12:10 Tierhaltung: Anpassung an den Klimawandel aus der Sicht der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft
H. Niemann, S. Dänicke, F.J. Conraths, L. Schrader, Friedrich Löffler-Institut (FLI), Institut für Tierernährung, Braunschweig

12:30 **Mittagessen**

Moderation: Bernhard Osterburg, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ländliche Räume (vTI-LR)

13:30 Auswirkungen des Klimawandels auf Fischbestände und Erträge in der Nordsee und anderen Schelfgebieten des Nordatlantik
Anne Sell, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Seefischerei (vTI-SF), Hamburg

14:00 Ökonomie der Anpassung unter Berücksichtigung der Klimaschutzziele und gesellschaftlicher Ansprüche
Folkhard Isermeyer, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Betriebswirtschaft (vTI-BW), Braunschweig

Diskussion der Gesamtveranstaltung

Moderation: Christian Grugel, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

14:30 Diskussion der Gesamtveranstaltung und Zusammenfassung: Klimaschutz und Klimaanpassung – Synergien und Konflikte

15:15 Schlussfolgerungen aus Sicht des BMELV
Christian Grugel, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn

15:25 Verabschiedung
Carsten Thoroe, Präsident, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Braunschweig

15:30 **Ende**

Posterpräsentationen

Themenblöcke

1. Forstwirtschaft: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel
2. Boden: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel
3. Pflanzenbau, -zucht, -schutz: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel
4. Tierhaltung: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel
5. Nachwachsende Rohstoffe und Kaskaden-nutzung incl. Bioenergie
6. Verbraucherverhalten, Bewertung und Um-setzung politischer Maßnahmen

Zusammenfassungen der Vorträge

Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft zum Klimawandel

Klimawandel: Herausforderungen für die Land- und Forstwirtschaft

Heinz Flessa, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung (vTI-AK), Braunschweig

Programme zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel

Current climate change mitigation and adaptation issues and activities in the UK in relation to agriculture, forestry and land management

Ian Pickard, Defra, Großbritannien

Programme in den Niederlanden

Jan de Wilt, Innovatienetwerk, Niederlande

Programme des Bundes

Claus Bormuth, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn

Programme in Mecklenburg-Vorpommern

Thorsten Permien, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin

Programme in Bayern

Wolfgang Sailer, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München

Klimawandel: Herausforderungen für die Land- und Forstwirtschaft

Heinz Flessa,
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung (vTI-AK), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, E-Mail: heinz.flessa@vti.bund.de

Land- und Forstwirtschaft sind sowohl Betroffene als auch Akteure des Klimawandels. Einerseits beeinflussen Klimaänderungen die Produktionsbedingungen von Land- und Forstwirtschaft, andererseits nehmen Land- und Forstwirtschaft durch die Freisetzung bzw. Bindung von Treibhausgasen direkt Einfluss auf die Entwicklung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre.

Der Anteil der Landwirtschaft an der nationalen Gesamtemission von Treibhausgasen beträgt in Deutschland rund 14%. Die Landwirtschaft ist als Wirtschaftszweig gefordert, ihren Beitrag zur Emissionsminderung zu leisten. Hierbei gilt es, Strategien umzusetzen, die die primären Aufgaben der Landwirtschaft, die Ernährungssicherung und Produktion qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel, sicherstellen und gleichzeitig den Zielen des Klima- und Ressourcenschutzes gerecht werden. Die wichtigsten Emissionsbereiche sind CH_4-Emissionen aus der Tierproduktion, CH_4- und N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement, N_2O-Emissionen aus der Düngung landwirtschaftlicher Böden sowie dem Austrag gelöster und gasförmiger reaktiver N-Verbindungen, der Einsatz von fossilen Energieträgern und Importfuttermitteln, die Bereitstellung von Produktionsmitteln (z.B. Düngemittel) sowie die CO_2-Emissionen durch die landwirtschaftliche Nutzung von Moorböden und die Inkulturnahme von Grünlandflächen. Eine deutliche Reduktion der Atmosphärenbelastung kann durch die Steigerung der N-Effizienz sowie durch die Umsetzung von Moornutzungskonzepten, die auch Aspekte des Klimaschutzes berücksichtigen, erreicht werden. Da in Deutschland der überwiegende Teil der pflanzlichen Produktion in der Tierernährung eingesetzt wird, ist die Bewertung und Optimierung von tierischen Produktionsverfahren hinsichtlich ihrer Klimawirksamkeit von zentraler Bedeutung für den Klimaschutz in der Landwirtschaft. Die Reduktion der Tierzahl schönt die nationale Emissionsbilanz, sie führt jedoch in einem offenen Agrarmarkt nicht zwangsläufig zu einer Atmosphärenentlastung. Letztlich entscheiden Ernährungsgewohnheiten und Kaufverhalten der Verbraucher über den Absatz tierischer Produkte. Die öffentliche Thematisierung und Kommunikation der Treibhausgasbilanz von Nahrungsmitteln kann daher zur Umsetzung von Klimaschutzzielen im Agrarsektor beitragen.

Land- und Forstwirtschaft können auch einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Wald- und Agrarökosysteme speichern enorme Mengen an organischem Kohlenstoff. Der Schutz dieser biogenen C-Vorräte im Rahmen einer nachhaltigen Bewirtschaftung ist ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz. Darüber hinaus trägt eine nachhaltige Holznutzung zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen bei. In der Landwirtschaft hat die Bedeutung der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe deutlich zugenommen. Für die energetische Nutzung von Biomasse steht eine Vielzahl von Optionen zur Verfügung, die sich hinsichtlich des CO_2-Einsparungspotentials sowie der CO_2-Vemeidungskosten erheblich unterscheiden. Diese Faktoren

sowie die Frage der Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungs- und Bioenergieproduktion sollten bei der Etablierung von Bioenergiesystemen stärkere Berücksichtigung finden. In Anbetracht eines global steigenden Nahrungsmittelbedarfs sind Bioenergielinien vorteilhaft, die nicht in Flächenkonkurrenz zur Nahrungsproduktion stehen. Generell müssen ökologische und soziale Nachhaltigkeitskriterien bei der Erzeugung von Bioenergieträgern eingehalten werden. Dies gilt sowohl für die heimische Produktion als auch besonders für den Import von Bioenergieträgern.

Zu den prognostizierten Folgen des Klimawandels in Deutschland gehören steigende Temperaturen, eine Abnahme der Frosttage, ein verändertes Niederschlagsregime sowie eine Zunahme extremer Wetterereignisse wobei erhebliche regionale Unterschiede erwartet werden. Regional und standörtlich differenziert werden positive aber auch negative Folgen des Klimawandels erwartet. Negative Auswirkungen könnten besonders in Regionen auftreten, die schon heute mit einer geringen Wasserverfügbarkeit zu kämpfen haben. Während die Landwirtschaft dynamischer auf sich ändernde Produktionsbedingungen reagieren kann, erfordern die langen Produktionszeiträume in der Forstwirtschaft eine vorausschauende, rechtzeitige Anpassung der Wälder an den Klimawandel. Die Anfälligkeit der deutschen Forstwirtschaft gegenüber dem Klimawandel wird am Beispiel der wirtschaftlich bedeutendsten Baumart, der Fichte, besonders deutlich. Es ist zu erwaten, dass der Fichteanbau in mehreren Regionen aufgrund der sich ändernden klimatischen Bedingungen sehr risikobehaftet und kaum mehr rentabel sein wird.

Der Klimawandel stellt für Land- und Forstwirtschaft eine mehrfache Herausforderung dar. Einerseits gilt es, Emissionen von Treibhausgasen zu verringern, biogene Kohlenstoffvorräte zu bewahren und aktiv Beiträge zur Substitution fossiler Energieträger zu leisten, andererseits müssen auch Strategien zur Anpassung der Produktion an den Klimawandel entwickelt und umgesetzt werden. Politik, Wissenschaft und Praxis sind gemeinsam gefordert, sich dieser Herausforderung zu stellen.

New concepts for agriculture in relation to climate change

Jan de Wilt,
Innovatienetwerk, P.O. Box 19197, 3501 DD Utrecht, j.g.de.wilt@innonet.agro.nl

The Netherlands faces several challenges in coping with climate change: the sea level rises, there will be more heavy rains, the summers will be dryer, the soil level will go down and salination will occur in parts of the country. This has consequences for water management, safety, energy supply, agriculture, nature management and public health. The effect of climate change on ecosystems is significant: more exotic plants and animals will be able to survive. Furthermore, a shift in the occurrence of flowering and breeding will lead to an disturbance of ecosystems. And our wet ecosytems are particularly sensitive to extreme weather conditions.

The direct impact of climate change on agriculture, however, may be relatively mild. The glasshouse sector, our most productive sector, is able to control its own climate. The risks for outdoor farming due to more severe weather conditions will be somewhat higher. The growing season will be prolonged due to higher average temperatures. Salination, along the shores and in some of our deep polders - through seepage of salt water - calls for other, more salt resistant production. I will give some examples of new concepts for water management and salt water agriculture.

In order to reduce greenhouse gases, the Dutch government has set ambitious goals. The emissions of greenhouse gases should be reduced by 30% in 2020 compared to 1990, the share of sustainable energy should increase from 2% in 2008 to 20% in 2020. Energy savings should double from 1 to 2 % per year. To achieve these goals, a number of groundbreaking innovations need to be developed and implemented. Innovation Network, financed by the Dutch government acts as a catalyst in developing new concepts and building consortia in this field. Some of the most relevant examples are:

1. turning the greenhouse sector into a supplier of sustainable energy instead of a consumer of fossil energy;
2. upcycling waste from agriculture (CO_2, heat, manure) by closing loops between greenhouses, intensive animal production, aquaculture and arable farming;
3. using existing infrastructure at sea (windparks, offshore platforms) for production of aquatic biomass (weeds, fish, mussels);
4. turning Rotterdam and other seaports from a oilport into a bioport.

These concepts are in progress, I will present the state of affairs, the bottlenecks and lessons learnt. Finally, possibilities of reducing methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) emissions from agriculture will be discussed.

Strategie des BMELV für einen aktiven Klimaschutz

Claus Bormuth,
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Rochusstrasse 1, 53123 Bonn,
claus.bormuth@bmelv.bund.de

Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel sind Bestandteile der deutschen Agrarpolitik, um zur Erreichung des 2-Grad-Ziels sowie zur Anpassung des Agrarsektors an den Klimawandel beizutragen. Zur Umsetzung dieser Politik stimmt sich das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz mit den Ländern ab. Die Beschlüsse der Agrarministerkonferenz vom September 2008 zu den „Perspektiven der Land- und Forstwirtschaft im Zusammenhang mit dem Klimawandel“ und zum „Potenziellen Beitrag der deutschen Landwirtschaft zu einem aktiven Klimaschutz“ finden Berücksichtigung in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.

Mit den bisherigen Maßnahmen konnten die Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2007 im Bereich der landwirtschaftlichen Erzeugung[1] von rd. 114 auf rd. 105 Mt CO_2-Äquivalent reduziert werden. Gleichzeitig stellte der deutsche Forst eine Senke mit rd. 79 Mt CO_2-Äquivalent dar und durch Agrarrohstoffe und Holz wurden fossile Energieträger von rd. 41 Mt CO_2-Äquivalent substituiert. Die Möglichkeiten für weitere Reduzierungen der Treibhausgasemissionen sind zu nutzen, hierfür bedarf es z.T. weiterer Maßnahmen. Da Emissionsverringerungen häufig mit Ertragseinbußen oder Aufwandssteigerungen verbunden sind, ist bezogen auf die Einzelmaßnahmen eine Güterabwägung, insbesondere im Hinblick auf die Bereitstellung von Lebensmitteln als zentrale Aufgabe der Landwirtschaft, erforderlich, um bestehende Zielkonflikte so gering wie möglich zu halten. Eine bloße Verlagerung der Emissionen, insbesondere durch Produktionsverlagerungen ins Ausland, sind zu vermeiden.

Schwerpunkte für weitere Maßnahmen zur Treibhausgasemissionsminderung bilden:

- Erhaltung und nachhaltige Nutzung von Kohlenstoffspeichern
- Optimierung des Stickstoffmanagements
- Vergärung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen und energetische Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe
- Energieeinsparung und Emissionsminderung, insbesondere in der Veredelungswirtschaft, im Gartenbau (Gewächshäuser), in der Lebensmittelverarbeitung und im Lebensmittelhandel
- Erarbeitung von Beispielen zur Reduktion der Emissionen pro Produkteinheit
- Information über eine klimaschonende, gesundheitsfördernde Ernährung und nachhaltigen Konsum

Für die Land- und Forstwirtschaft gilt es seit Menschengedenken, standortgerecht zu wirtschaften. Neu ist jedoch das Tempo, mit dem es notwendig ist, sich auf den Klimawandel einzustellen. Angesichts der langen Produktionszyklen steht die Forstwirtschaft vor besonderen Herausforderungen.

[1] Direkter Energieverbrauch, Verdauung der Haustiere, Wirtschaftsdüngermanagement, landwirtschaftliche Böden (NIR 2009 Kap. 1.A4c, 4.A, 4.B, 4.D, 5.B, 5.C)

Schwerpunkte für weitere Anpassungsmaßnahmen bilden:

- Anpassung des Wassermanagements
- Stärkung der Klimatoleranz, standörtliche Veränderungen im Wald
- Waldumbau zu stabilen Mischwäldern und forstbetriebliche Managementstrategien im Klimawandel
- Forstliche Risikoforschung
- Genetische Analysen zur Anpassungsfähigkeit der Waldbäume im Klimawandel / gezielte Herkunftsforschung

Das BMELV baut im Bereich der agrarrelevanten Klimaforschung derzeit seine Kapazitäten aus und verbessert den Wissenstransfer von Forschungsergebnissen in die Praxis. Hierzu zählt auch eine Internetplattform, die von der BLE entwickelt wird und als „Enzyklopädie“ für Informationen zum Thema Klimaschutz und Klimawandel im Bereich der Land- und Forstwirtschaft genutzt werden soll.

Maßnahmen mit großen Effekten und geringen Kosten müssen im Mittelpunkt stehen. Hierbei muss die Verlässlichkeit der politischen Entscheidungen und damit Planungssicherheit größtes Gewicht haben.

Klimaschutz und Anpassung – Risiken und Chancen in Mecklenburg-Vorpommern

Thorsten Permien,
Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin

Die Dezemberausgabe des Jahre 2007 der Zeitschrift „Geo“ veröffentlichte ein Ranking der Bundesländer hinsichtlich ihrer Bemühungen im Klimaschutz. Mecklenburg-Vorpommern erreichte den ersten Platz u. a. auch auf der Grundlage der Bemühungen im Forstbereich (Projekt „Waldaktie“).

Tatsächlich kann der Klimaschutz in Mecklenburg-Vorpommern mittlerweile auf mehr als ein Jahrzehnt erfolgreiche Arbeit zurückblicken. Schon 1997 veröffentlichte das damalige Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt das Klimaschutzkonzept Mecklenburg-Vorpommern. Das Konzept beinhaltete u. a. verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen und berücksichtigte bereits die Kosten pro eingesparter Tonne Treibhausgas. Im Jahr 2005 erfolgte die Weiterentwicklung zum Klimaschutzaktionsplan durch das damalige Umweltministerium. Der Aktionsplan benennt im Unterschied zum Konzept nicht Einzelmaßnahmen sondern Politikfelder.

Mittlerweile ist deutlich geworden, dass die Bemühungen für einen integrierten Klimaschutz nur durch ressortübergreifende Ansätze erfolgreich sein können. Klimaschutz ist zu verknüpfen mit der Nutzung regenerativer Energien, der Sicherung einer verlässlichen Energieversorgung und der Anpassung an den Klimawandel. Hier werden Fragen des Naturschutzes ebenso berührt wie die der Land- und Forstwirtschaft.

Mit der Gesamtstrategie Energieland 2020 hat Mecklenburg-Vorpommern die Grundlage für einen essentiellen Beitrag zur Erfüllung der Ziele des Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP) der Bundesregierung geschaffen. Zielstellung ist u. a. die Energieversorgung zu bezahlbaren und wettbewerbsfähigen Preisen ebenso wie die Verringerung der Abhängigkeit von Erdöl- und Gasimport sowie die Minderung von CO_2-Emissionen.[2]

Derzeit liegt der Anteil Erneuerbarer Energien in Mecklenburg-Vorpommern am Primärenergieverbrauch bei 14 %, bei der Stromerzeugung sind es sogar 44 %.

Die Bioenergie stellt einen 10 %-Anteil beim Primärenergieverbrauch (davon 10 % Biogas, 11 % Biokraftstoffe, Rest Festbrennstoffe). Gut 16 % der Ackerflächen werden zur Produktion von Bioenergierohstoffen genutzt, rund 33 % könnten es ohne Gefährdung der Nahrungs- und Futtermittelproduktion sein.

Um die Potentiale der Erneuerbaren Energien in Mecklenburg-Vorpommern noch besser nutzen zu können, wurde erstmals im Jahr 1996 der „Landesatlas Erneuerbare Energien“ herausgegeben. Nach der ersten Fortschreibung im Jahre 2002 steht derzeit die dritte Aktualisierung an und soll noch 2009 erscheinen. In dem Atlas wurden die Daten zum aktuellen Stand der Nutzung, über

[2] Weitere Informationen im Internet unter: www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/wm/Themen/Energieland_2020/index.jsp

bestehende Potentiale (Angebots- und Nachfrageseite, technische Entwicklung) und über die weitere Nutzung bis zum Jahr 2020, soweit dies bereits heute absehbar ist, zusammengestellt.[3]
Da insbesondere die Biomasse für Mecklenburg-Vorpommern eine große Rolle spielt, werden die Aussagen des Landesatlas für diesen Bereich durch den Ansatz (Bio-) Energieland Mecklenburg-Vorpommern konkretisiert.[4]
Trotz der genannten Bemühungen um einen effektiven Klimaschutz ist der Klimawandel Realität. Für regionale Informationen zu künftigen Klimaänderungen wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes im Auftrag des Umweltbundesamtes Klimaprojektionen für Deutschland bis zum Jahr 2100 unter Nutzung der Modellansätze REMO (MPI für Meteorologie Hamburg) und WETTREG (Firma CEC Potsdam) erstellt.
Die Grundaussagen für Mecklenburg-Vorpommern lassen sich wie folgt
zusammenfassen: Die Sommer werden wärmer und z. T. deutlich trockener, die Winter werden gleichfalls wärmer, jedoch feuchter. Die Änderungen sind im Osten des Landes stärker ausgeprägt als im Westen.
Um diese Aussagen in angemessene Anpassungsstrategien zu übertragen, wurden thematische Facharbeitsgruppen zu verschiedenen relevanten Themen gebildet, die sich aus Wissenschaftlern, Behördenmitarbeitern und Mitarbeitern aus Ingenieurbüros zusammensetzen. Solche Arbeitsgruppen existieren zu den Themen Energie, Verkehr; Ostsee, Küstenschutz; Regionalentwicklung, Tourismus; Land-, Forstwirtschaft, Fischerei; Wasserwirtschaft; Gesundheit; Biodiversität, Naturschutz. Die Ergebnisse wurden im Frühjahr 2008 in der Studie „Klimaschutz und Folgen des Klimawandels in Mecklenburg-Vorpommern“ veröffentlicht.[5]
Landesspezifische Potentiale bilden auch die Grundlage für die drei im Folgenden skizzierten Projekte Waldaktie, Moorschutzkonzept und das (Bio-)Energiedorfcoaching.
Als führendes Tourismusland muss Mecklenburg-Vorpommern ebenso intelligente wie attraktive Antworten auf die Verknüpfung von Klimaschutz und Tourismus finden. Mit der Waldaktie wurde im November 2007 ein solches Projekt gestartet. Grundlage bildeten Berechnungen, nach denen eine vierköpfige Familie, die einen vierzehntägigen Urlaub in Mecklenburg-Vorpommern verbringt etwa 850 kg Kohlendioxid freisetzt. Dabei berücksichtigt wurden An- und Abreise, Unterbringung und Aktivitäten. Etwa 900 kg Kohlendioxid lassen sich durch die Aufforstung von 10 m^2 Wald binden, was Unkosten von 10 Euro verursacht.
Das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz bietet gemeinsam mit dem Tourismusverband und der Landesforstanstalt seit November 2007 für den Preis von 10 Euro die Waldaktie an. Mit den Erlösen werden landesweit sog. Klimawälder aufgeforstet. Sie sollen für Touristen erlebbar sein und über Klimaschutz und Klimawandel informieren, so dass sie in der unmittelbaren Nähe touristischer Schwerpunkte angelegt werden.[6]

---

[3] Weitere Informationen im Internet unter: www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/wm/_Service/Publikationen/index.jsp?&publikid=336
[4] Landwirtschaftsministerium MV, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (Hrsg.): (Bio-)Energieland M-V – Von der Vision zur Realität, Schwerin 2006.
[5] Weitere Informationen im Internet unter: www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/wm/Themen/Energieland_2020/Erste_Studie_zum_Klimawandel_in_MV/index.jsp
[6] Weitere Informationen im Internet unter www.waldaktie.de

Derzeit gibt es sieben Klimawälder. Zuletzt ist in der Nähe von Schwerin der BUGA-Klimawald eröffnet worden, der sich an die Besucher der Bundesgartenschau 2009 in Schwerin richtet. Jeweils im Herbst und Frühjahr gibt es „bürgeroffene“ Pflanzaktionen, die sehr gut angenommen werden (Teilnahme von bis zu 200 Waldaktionären). Seit Projektbeginn wurden etwa 7000 Waldaktien verkauft.

Zur Verdeutlichung des Ansatzes wurde der Klimawürfel entwickelt. Die Kantenlänge des aus Buchenholz hergestellten Würfels wurde so bemessen, dass ein Würfel der Atmosphäre 1 kg Kohlendioxid entzogen hat. Das Projekt wurde bereits mehrfach ausgezeichnet, u. a. als offizielles Dekadeprojekt der UN-Dekade Bildung für nachhaltige Entwicklung[7] und als ausgewählter Ort im Rahmen der Standortoffensive „Land der Ideen“.[8]

Mit dem Moorschutzkonzept stellt sich Mecklenburg-Vorpommern seiner Verantwortung als eines der moorreichsten Bundesländer (mit knapp 300.000 ha).

Bereits das im Jahr 2000 veröffentlichte Moorschutzkonzept betonte die Leistungen intakter Moore u. a. in den Bereichen Wasserhaushalt, Biodiversität und Klimaschutz. Diese Leistungen werden im Kontext des eingangs skizzierten Klimawandels tendenziell an Bedeutung gewinnen, z. B. im Bereich des Wassermanagements. So helfen intakte Moore den Wasserüberschuss der Winter abzupuffern und geben die Feuchtigkeit im Sommer ab.

Aktuell wird das Konzept insbesondere unter den Aspekten Klimaschutz und nachhaltiger oder moorschonender Nutzung fortgeschrieben. Einen Schwerpunkt bildet die aktuelle Klimarelevanz der landnutzungsbedingt zum Teil stark entwässerten Moore sowie das Potential der Verringerung von Treibhausgasemissionen durch Maßnahmen zur Erhöhung der Grundwasserstände und entsprechend angepasster Nutzungsformen.

Mit der überarbeiteten Fassung des Konzeptes werden eine Reihe von Leistungen intakter Moore beschrieben und konkrete Maßnahmevorschläge zum Schutz und zur Entwicklung von Mooren u.a. in den Bereichen Wassermanagement, Boden-, Arten- und Biotopschutz sowie Land- und Forstwirtschaft unterbreitet. Damit wird das Konzept zu einem Baustein eines integrierten Umwelt- und Klimaschutzes. Nicht zuletzt werden Ansätze entwickelt, um die vermiedenen Emissionen zu monetarisieren.

Die ländlichen Räume Mecklenburg-Vorpommerns haben besonders große Potentiale für die Bereitstellung regenerativer Energien. Dabei zeigen verschiedene Erfahrungen, dass die Erschließung dieser Potentiale oftmals weniger ein naturwissenschaftlich-technisches als vielmehr ein kommunikatives Problem darstellen.

Gemeinsam mit der Akademie für Nachhaltige Entwicklung Mecklenburg-Vorpommern wurde 2009 ein sogenanntes „Dorfbürgermeistercoaching“ begonnen. Zielstellung ist es u. a. den meist ehrenamtlichen Bürgermeistern die Möglichkeiten und Vorteile der Nutzung regenerativer Energien zu vermitteln, etwa durch moderierte Expertenworkshops, best-practice-Beispiele, Möglichkeiten der Förderung u. a.). Dabei soll wo möglich auf bestehende Strukturen (lokale Agenda, LEADER …) aufgebaut werden. Die Auftaktveranstaltung fand am 09. Mai 2009 in Güstrow statt.[9]

---

[7] Weitere Informationen im Internet unter: www.dekade.org
[8] Weitere Informationen im Internet unter: www.land-der-ideen.de
[9] Weitere Informationen im Internet unter: www.nachhaltigkeitsforum.de

Eine besondere Rolle spielen die beiden Projekte „Mecklenburgische Seenplatte“[10] und „Natürlich Rügen – Voller Energie“[11], die sich für die Endrunde des Bioenergiewettbewerbes des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz qualifizieren konnten. Die Übertragbarkeit der Fortschritte und Erfahrungen dieser Projekte sollen für weitere Initiativen geprüft werden. Mit dem Netzwerk „Regionale Energien Mecklenburg-Vorpommern“ gibt es einen ersten landesweiten Zusammenschluss.[12]

[10] Weitere Informationen im Internet unter: www.landwerk-e.de
[11] Weitere Informationen im Internet unter: www.handwerk-auf-ruegen.de/daten/natuerlich-ruegen.html
[12] http://www.regionale-energie-mv.de im Aufbau

Klimaprogramm Bayern 2020

Wolfgang Sailer
Anschrift: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten,
Ludwigstraße 2, 80539 München, wolfgang.sailer@stmelf.bayern.de

Im November 2007 hat der Bayerische Ministerrat das Klimaprogramm Bayern 2020 beschlossen. Es ergänzt und verstärkt gezielt die Anstrengungen auf internationaler und nationaler Ebene, um den Klimawandel und seine Folgen noch wirksamer vorzubeugen. Das Programm enthält für alle relevanten Sektoren Ziele des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel bis 2020. Ein Aktionspaket für die Jahre 2008 bis 2011 in Höhe von 350 Millionen Euro gibt konkrete Maßnahmen vor.

Ziele im Sektor Land- und Forstwirtschaft

Die Land- und Forstwirtschaft verfügt auf ihren Anbauflächen sowie im Bereich der Tierhaltung über vielfältige Möglichkeiten zur Bindung und Vermeidung von CO_2 und anderen Treibhausgasen. Mit einem Flächenanteil von über 80 % sind Land- und Forstwirtschaft aber auch Hauptbetroffene des Klimawandels. Dies gilt besonders für Wälder. Das Klimaprogramm Bayern 2020 sieht für den Sektor folgende Ziele vor:

- Erhöhung des Anteils der Biomasse am Primärenergieverbrauch auf 8 % und
- bestmögliche Anpassung aller klimasensitiven und verwundbaren Bereiche an die Folgen des Klimawandels.

Reduktion und Anpassung in der Landwirtschaft

Der Ausbau des Einsatzes von Biomasse als regenerativer Energieträger soll im Rahmen der Maßnahme „Bioenergie für Bayern“ mit folgenden Aktionen unterstützt werden:

- Leuchtturmprojekte u. a. im Straubinger Umland und am Münchner Flughafen,
- Investitionsförderung für Biomasseanlagen, Einsatz von Biokraftstoffen in der Staatsverwaltung,
- Forschungsprogramm „Biomasse und Klima“ und
- Informationskampange „Biomasse ist mehr“.

Eine Optimierung und Minimierung der Stickstoffdüngung in der Landwirtschaft sowie eine Weiterentwicklung extensiver ökologischer Landbewirtschaftung soll zu einer weiteren Senkung des Ausstoßes von Treibhausgasen beitragen. Durch ein besseres Fütterungs- und Wirtschaftsdüngermanagement sowie die Leistungsoptimierung in der Rinderhaltung können die Emissionen im Bereich Nutztiere weiter gesenkt werden. Mit Hilfe der Beratung werden emissionsarme Tierhaltungssysteme in der Praxis weiter vorangebracht. In einem landwirtschaftlichen Forschungsbetrieb sollen wichtige Beratungsaussagen für die Praxis geliefert werden. Dies betrifft u. a. die Fragen Pflanzenbau, Nährstoff- und Wasserhaushalt, Precision-Farming, Erosionsvermeidung und Prüfung genetischer Ressourcen unter Klimastress. Durch Forschungsbemühungen im Bereich der Energiepflanzenproduktion sind Anbauverfahren mit neuartigen Pflanzenarten für die Bereitstellung von Rohstoffen aus der pflanzlichen Produktion voranzubringen.

Reduktion und Anpassung in der Forstwirtschaft

Die Cluster-Initiative Forst und Holz wird zur nachhaltigen Mobilisierung der Nutzungs-potenziale der Wälder und einer klimaoptimierten intelligenten Holzverwendung konsequent fortgeführt. Schwerpunkte der Anpassung sind die Schadensbegrenzung, der Aufbau eines zukunftsfähigen Waldes und der Schutz der biologischen Vielfalt. Als konkrete Maßnahmen sind vorgesehen:

- Waldumbauprogramm (von den insgesamt ca. 260 000 Hektar akut gefährdeten Fichten-beständen im Privat- und Körperschaftswald werden rund 100 000 Hektar bis 2020 in klimatolerante Mischwälder umgebaut) und
- Schutzmaßnahmen im Bergwald (durch intensive Schutzwaldpflege und -sanierung in Verbindung mit einer effektiven Schalenwildregulierung werden der Bergwald und seine lebenswichtigen Schutzfunktionen nachhaltig für die erheblichen Klimaveränderungen im Alpenraum stabilisiert. Ein flächendeckendes Informationssystem wird gezielte Reaktionen in regionalen Risikogebieten ermöglichen).

Zur Durchführung des Waldumbaus bedarf es klimaangepasster Baumartenempfehlungen. Dafür werden die landesweit vorhandenen Standortkarten überarbeitet. Die waldbaulichen Bewirtschaftungs- und Pflegekonzepte zur Prävention und Schadensbewältigung sind an die sich ändernden Klimabedingungen anzupassen. Das vermehrte und neue Auftreten von wirtschaftlich bedeutsamen Schädlingen erfordert eine Weiterentwicklung bisheriger Vorsorge- und Bekämpfungsstrategien. Zu weiteren speziellen Fragestellungen aus der Praxis werden zusätzliche Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie Modellvorhaben durchgeführt.

Ein Monitoring wird die Erfüllung des Klimaprogramms Bayern 2020 im jährlichen Turnus begleiten.

Zusammenfassungen der Vorträge

Aktiver Klimaschutz – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft

Forstwirtschaft: Kohlenstoffmanagement im Ökosystem
Michael Köhl, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Weltforstwirtschaft (vTI-WFW), Hamburg

Kohlenstoffspeicher Holzprodukte und Substitutionseffekte
Sebastian Rüter, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Holztechnologie und Holzbiologie (vTI-HTB), Hamburg

Holzkette: Kaskadennutzung
Arno Frühwald, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Holztechnologie und Holzbiologie (vTI-HTB), Hamburg

Schutz vorhandener Kohlenstoffspeicher: klimafreundliche Moornutzung
Matthias Drösler, Technische Universität München, Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Freising

„Biochar“: Kohlenstoffeinlagerung in Ackerböden
Bruno Glaser, Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Bodenphysik, Bayreuth

Stickstoff-Überschuss in der Landwirtschaft Deutschlands: Folgen für Böden, Gewässer und angrenzende Ökosysteme
Rolf Nieder, Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie, Braunschweig

Strategien zur Minderung von klimarelevanten Emissionen und N-Ausscheidungen aus der Tierproduktion
Peter Lebzien, Ulrich Meyer, Heiner Niemann, Sabrina Hachenberg, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Institut für Tierernährung, Braunschweig

Klimagasbilanzen und CO_2-Minderungskosten bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
Helmut Döhler, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt

Potenzial und Dynamik der Kohlenstoffspeicherung in Wald und Holz: Beitrag des deutschen Forst- und Holzsektors zum Klimaschutz

Michael Köhl, Arno Frühwald, Bernhard Kenter, Konstantin Olschofsky, Raul Köhler, Margret Köthke, Sebastian Rüter, Hans Pretzsch, Thomas Rötzer, Franz Makeschin, Mengistu Abiy, Matthias Dieter
Prof. Dr. Michael Köhl, Institut für Weltforstwirtschaft, Universität Hamburg, Leuschnerstraße 91, 21031 Hamburg, E-Mail: weltforst@holz.uni-hamburg.de

Der Vortrag stellt erste Ergebnisse des BMBF Projektes „Potenzial und Dynamik der Kohlenstoffspeicherung in Wald und Holz“ vor (Förderkennzeichen BMBF 0330546). Anhand repräsentativer Modellbestände und komplexer Modellierungsansätze wurde die CO_2 Senken- und Quellenwirkung unter anderem über 30 Jahre bei unterschiedlich intensiven Nutzungseingriffen sowie dem Nutzungsverzicht für den Forst- und Holzsektor in Deutschland hergeleitet. Als Holzverwendung wird hypothetisch eine rein energetische Nutzung des geernteten Holzes unterstellt und auf die Berücksichtigung der Speicherleistung und des Substitutionspotenzials von Holzprodukten verzichtet. Diese konservative Betrachtungsweise schöpft nicht das volle klimarelevante Potenzial von Holzprodukten aus. Dennoch kann damit unter anderem gezeigt werden, dass bereits durch die Holzproduktion und die energetische Holzverwendung eine bessere CO_2-Bilanz erreicht wird, als bei einer Erhöhung des C-Speichers im Wald durch Nutzungsverzicht.

Kohlenstoffspeicher Holzprodukte und Substitutionseffekte

Sebastian Rüter,
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Holztechnologie und Holzbiologie,
Leuschnerstraße 91, 21031 Hamburg,
sebastian.rueter@vti.bund.de

Während des Wachstums entziehen Bäume mit Hilfe der Photosynthese der Atmosphäre Kohlenstoff in Form von CO_2 und fixieren diesen im Stamm, den Ästen, Zweigen und Wurzeln. Neben der lebenden Biomasse fungieren auch die abgestorbene Biomasse und der Mineralboden als Kohlenstoffspeicher im Wald, von wo aus der Kohlenstoff durch Zersetzungsprozesse wieder in die Atmosphäre gelangt. Auch Holzprodukte wirken als Kohlenstoffspeicher, indem sie die Bindung des Kohlenstoffs, welchen die Bäume der Atmosphäre während ihrer Wachstumsphase in Form von CO_2 entnommen haben, um ihre jeweilige Nutzungsdauer verlängern. Neben dem Hinausschieben der Kohlenstofffreisetzung hat somit besonders eine steigende Verwendung von nachhaltig produziertem Holz einen positiven Effekt auf das Klima. Schätzungen lassen aufgrund des wachsenden Verbrauchs von Holzprodukten (Schnittholz, Holzwerkstoffe, Papier und Pappe) auf eine Vergrößerung des Kohlenstoffspeichers von jährlich bis zu 5 Mio. Tonnen in Deutschland schließen. Dies entspricht einer Emission in Höhe von 18,3 Mio. Tonnen CO_2, die dadurch vermieden werden kann.

Während der ersten Verpflichtungsperiode des derzeitigen Klimaschutzabkommens wird nur die Waldbewirtschaftung bei der Anrechnung berücksichtigt. Die vorgeschlagene Methodik zur Berechnung der Netto-Emissionen geht dabei der Einfachheit halber aus, dass jeglicher Kohlenstoff bei der Holzernte in die Atmosphäre oxidiert (UNFCCC, 2003). Um die Dynamik der Emissionen des Forst- und Holzsektors in Zukunft besser zu erfassen und den positiven Beitrag der Holznutzung weiter zu fördern, verhandeln die Vertragsstaaten zurzeit auch um die Einbeziehung von Holzprodukten in dem Kyoto-Nachfolgeabkommen, welches Ende 2009 in Kopenhagen beschlossen werden soll. Die Möglichkeit einer Anrechnung von Holzprodukten muss dabei u.a. folgenden Kriterien genügen (Henschel et al, 2008):

- Das Hauptziel eines Kyoto-Folgeabkommens ist eine Reduzierung der globalen Treibhausgasemissionen; auch der Beitrag einer Anrechnung von Holzprodukten muss sich daran messen lassen.
- Der Anrechnungsansatz sollte keinen Anreiz zur Verkleinerung der Kohlenstoffspeicher im Wald setzen
- Der Ansatz muss transparent und durchführbar sein (bzgl. Datenverfügbarkeit, Methodik und Kosten)
- Methodisch muss eine Anrechnung von Holzprodukten konsistent zu der verwendeten Methodik im restlichen LULUCF Sektor sein

Neben der Speicherwirkung haben die mit der Holznutzung verbundenen Substitutionseffekte eine weitere positive Wirkung auf das Klimasystem. So ersetzen Holzprodukte oftmals energieaufwändigere Produkte, deren Herstellung folglich mehr CO_2-Emissionen verursacht. Allerdings ist es nur sehr schwer möglich, den Effekt der materiellen Substitution auf nationaler Ebene zu quantifizieren, da Produkte oder Systeme, wie z.B. Bauteile, immer nur im Einzelfall und unter Berücksichtigung der gleichen funktionellen Eigenschaften miteinander verglichen werden können. Zahlreiche ökobilanzielle Vergleiche zeigen jedoch, dass Produkte aus Holz bzw. mit hohem Holzanteil im Vergleich zu nicht holzbasierten Produkten wesentlich geringere negative Auswirkungen auf das Klima haben. Noch weiter maximieren lässt sich der Beitrag der Nutzung von Holz zur Abschwächung des Klimawandels, wenn Holzprodukte an ihrem Lebensende energetisch genutzt werden und somit fossile Brennstoffe ersetzen. Denn im Gegensatz zur Verbrennung fossiler Energieträger, bei denen CO_2 emittiert wird, welches vor ca. 300 Millionen Jahren der Atmosphäre entzogen wurde, wird bei der Verbrennung von Holz nur der Kohlenstoff freigesetzt, der während des Wachstums der Bäume in der Biomasse gebundenen wurde.

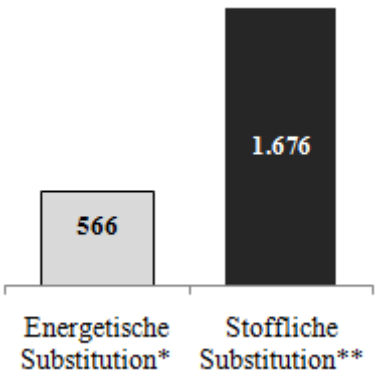


Abbildung 1: Substitutionspotential von 1m³ Nadelholz [in kg CO_2e]

* Vergleich auf Basis des Heizwertes im Vergleich zu Rohöl (2180 kWh)
** Vergleich auf Basis des Einsatzes von Schnitholz in Innenwandsystem im Vergleich zu einer Innenwand in Massivbauweise mit der gleichen Fläche der Raumtrennungsfunktion und dem gleichen Schalldämmmaß (Albrecht et al, 2008)

Literatur

Albrecht S, Rüter S, Welling J, Knauf M, Mantau U, Braune A, Baitz A, Weimar H, Sörgel S, Kreißig J, Deimling S, Hellwig S (2008) Ökologische Potentiale durch Holznutzung gezielt fördern. Hamburg. vTI, 298 Seiten, Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie 2008/5

Henschel C, Ward M, Rüter S, Ashton R, Bird N, Frieden D, Lehtonen A, Schlamadinger B, Silvius M, Tuerk A, Zanchi G (2008) Options for improving the treatment of LULUCF in a Copenhagen agreement: forest and wetland degradation, factoring out, harvested wood products and approaches for fuller accounting. Working paper [http://www.climatestrategies.org/reportfiles/3_options_for_improving_the_treatment_of_lulucf_in_a_copenhagen_agreement_august_18_2008.pdf

UNFCCC (2003) Estimation, Reporting and Accounting of Harvested Wood Products. Technical Paper FCCC/TP/2003/7, Bonn.

Holzkette: Kaskadennutzung

Prof. Dr. Arno Frühwald,
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Holztechnologie und Holzbiologie (vTI-HTB) , Leuschnerstraße 91, 21031 Hamburg, arno.fruehwald@vti.bund.de

Das nachhaltige Nutzungspotential in den knapp 10 Mio. ha. deutschen Wäldern liegt, entsprechend den Bundeswaldinventuren I + II bei ca. 80 – 90 Mio. m^3/Jahr Stammholz. Dazu kommen geschätzt 10 – 20 Mio. m^3 Waldrestholz, das ohne schwerwiegende Eingriffe in den Nährstoffkreislauf genutzt werden könnte. Etwa 70 – 80 Mio. m^3 werden jährlich genutzt, $^2/_3$ stofflich, das heißt zur Herstellung von Holzprodukten, $^1/_3$ für direkte energetische Nutzung. So die Annahmen und die (unzureichende) Statistik.

Tatsache ist, dass $^2/_3$ des Holzaufkommens in die stoffliche Verwertung gehen, dort aber ein Anteil von 15 – 20 % der Produktionsreststoffe für energetische Zwecke verwendet wird (Wärme + Strom).

Die Sägeindustrie nimmt knapp 50 % des Stammholzes auf (mehr als je zuvor); die Produktionsreststoffe (45 %) gehen zu $^2/_3$ in die Papier/Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie (Spanplatten, Faserplatten,…) und zu $^1/_3$ direkt in die Energie (Erneuerbare-Energien-Gesetzt).

Die Holzwerkstoff-/Papier und Zellstoffindustrie nehmen knapp 30 % des Stammholzes auf, der Rest geht in andere kleinere Bereiche und Energie.

Kaskadennutzung bedeutet Mehrfachnutzung, meist in absteigender ökonomischer/ökologischer Qualität. Hier hat Holz entscheidende Vorteile, wenn richtige Strategien umgesetzt werden.

- Die Forst-/Holzwirtschaft beschäftigt ca. 500.000 bis 700.000 Personen direkt, ca. 1,2 Mio. Personen direkt und indirekt.
- Die Holzwirtschaft ist ein wichtiger Exportfaktor im Bereich „Halbwaren“ (Schnittholz, Holzwerkstoffplatten) und besonders bei Fertigprodukten (Möbel).
- Bei der Verarbeitung von Holz fallen Reststoffe an (z. B. Säge-/Möbelindustrie), die
- zu einem erheblichen Teil in anderen Bereichen als Rohstoff genutzt werden -
- z. B. versorgt sich die Holzwerkstoffindustrie (15 Mio. m^3 Bedarf) zu 50 % aus Produktionsreststoffen anderer Bereiche, z. B. die Papierindustrie zu ca. 20 %
- in Deutschland werden ca. 8 Mio. t./15 Mio. m^3 Altholz systematisch gesammelt und der Verwertung zugeführt; ca. 25 – 30 für stoffliche Nutzung (meist Spanplatten), der Rest wird energetisch genutzt.
- Am Ende des Lebensweges eines auf Holz basierenden Produktes (Häuser, Möbel, Papier,…) steht die energetische Nutzung Kraft Gesetzt! Die TA Siedlungsabfall verbietet die Deponierung organischer Substanz ohne Vorbehandlung, sprich Verbrennung.

Insofern ist für Holz Kaskadennutzung programmiert. Ein weiterer Aspekt:

Arbeitsplätze!

- 50 – 70 m^3 Holz schaffen in stofflicher Verwendung einen Arbeitsplatz pro Jahr
- 500 – 700 m^3 Holz schaffen in direkter energetischer Verwendung einen Arbeitsplatz pro Jahr

Warum nicht die Strategie Kaskade mehr entwickeln

Schutz vorhandener Kohlenstoffspeicher: klimafreundliche Moornutzung

Matthias Drösler[1]*, Annette Freibauer[2], Andreas Gensior[2], Wolfram Adelmann[1], Jürgen Augustin[3], Lindsey Bergmann[1], Madlen Beyer[3], Christoph Förster[1], Michael Giebels[3], Maria Hahn[4], Heinrich Höper[5], Jochen Kantelhardt[6], Horst Liebersbach[5], Merten Minke[3], Ulrich Petschow[7], Lena Schaller[6], Phillip Schägner[7], Michael Sommer[8], Marc Wehrhan[8]

[1]TU-München, Lehrstuhl für Vegetationsökologie; [2]vTI, AK-EI, Braunschweig; [3]Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. Landschaftsstoffdynamik, Müncheberg, [4]Max-Planck-Institut für Biogeochemie, Jena, [5]Landesanstalt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover; 6 Wirtschaftslehre des Landbaus, TUM, Freising 7: Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin; 8: ZALF e.V. Bodenlandschaftsforschung, Müncheberg, - * Coordinator: droesler@wzw.tum.de +49 (0)8161 713715

Kohlenstoff-Bindung durch Torfwachstum

Das Funktionsprinzip von Mooren ist die Kohlenstoff-Bindung. Unter ungestörten Bedingungen sind Moore die einzigen Ökosystemtypen, die durch Wachstum und Torfaufbau *kontinuierlich und dauerhaft* Kohlenstoff in signifikanten Mengen aufnehmen. Für Deutschland wird der Gesamt-Kohlenstoff in Mooren mit ca. 1200-2400 Mio t C geschätzt (Höper 2007 und eigene Abschätzungen). Die Erhaltung dieser Kohlenstoffspeicher ist vorbeugender Klimaschutz. Während in Deutschland vorwiegend die Drainage und Nutzung durch den Menschen für den Kohlenstoffverlust aus Mooren verantwortlich gemacht wird, verweist eine britische Studie (Bellamy et al. 2005) auch auf eine mögliche besondere Gefährdung von Mooren durch den Klimawandel.

Klimarelevanz: Austausch klimarelevanter Spurengase

Für die derzeitige Klimarelevanz ist die aktuelle Bilanz des Austausches an klimarelevanten Spurengasen entscheidend: Parallel zur Bindung von Kohlendioxid (CO_2) wird in naturnahen Mooren Methan (CH_4) emittiert. Werden die Moore entwässert und genutzt, wird CO_2 und Lachgas (N_2O) emittiert, wobei die natürlichen CH_4-Emissionen zurückgehen. Das Verhältnis der Flüsse bestimmt zusammen mit dem GWP (globales Erwärmungspotential) der einzelnen Gase die Klimawirksamkeit.

Stand des Wissens zu Emissionsfaktoren

Bisherige Messungen in genutzten Mooren ergaben weite standort- und nutzungsabhängige Spannen in der Treibhausgasbilanz: z.B. Moor unter Ackernutzung 4 – 16,5 t CO_2 – C * ha^{-1} * a^{-1}; Moor unter Grünland ca. 2 – 8 t CO_2 – C * ha^{-1} * a^{-1} (z.B. Höper 2007, Drösler 2005, Byrne et al. 2004, Höper 2002, Meyer 1999, Gensior & Zeitz 1999, Mundel 1976)). Im nationalen Inventarbericht (NIR 2009) wurden für Grünland ein Emissionsfaktor von 5 t C ha^{-1} a^{-1} und für Ackerland von 11 t C ha^{-1} a^{-1} zugrunde gelegt, die im Wesentlichen auf den für Deutschland erhobenen Daten beruhen. Auf der Basis der zitierten Emissionsfaktoren multipliziert mit dem Flächenanteil der Landnutzungstypen auf deutschen Mooren wurde ermittelt, dass die anthropogenen Treibhausgasemissionen 2.3-4.5% der deutschen Gesamtemissionen entsprechen und damit eine Hauptquelle darstellen.

Klimafreundliche Moornutzung: Klimaentlastungpotenziale

Nach bisherigen Ergebnissen aktueller nationaler Studien (KMF 1999/2000; Donauried 2005, Benediktbeuern 2006, BMBF-Projekt 2006-2010) kann Extensivierung und Renaturierung auf Mooren einen erheblichen Beitrag zur Klimaentlastung leisten.

Wird die Umnutzung unter Klimaschutzgesichtspunkten optimal durchgeführt (best practice), sind folgende potenzielle Einsparungen zu erwarten:

- Klimaentlastung durch Hochmoorrenaturierung: bis zu 15 t CO_2 Äquiv./ha*a
- Klimaentlastung durch Niedermoorrenaturierung: bis zu 30 t CO_2 Äquiv./ha*a

Allerdings kann Renaturierung bei Überstau auch zu einer (temporären?) Klimabelastung führen (Risiken!). Daher müssen die potenziellen Einsparungen entlang einer Umnutzungskaskade unter Berücksichtigung von vorheriger Nutzung, Standort, Vegetation, Wasserstand etc. betrachtet werden. Methoden für die Berechnung der Entlastungspotenziale durch klimafreundliche Moornutzungen werden derzeit im Rahmen des BMBF-Verbund-Projekts *„Klimaschutz – Moornutzungsstrategien“* (2006-2010; deutschlandweit 6 Testgebiete) entwickelt. Erste Abschätzungen für ein maximales Einsparungspotenzial durch Moorumnutzung in Deutschland liegen bei 35 Mio t CO_2-Äquivalenten pro Jahr (Freibauer, Drösler et al. 2009).
Ein Ausblick wird gegeben auf das vTI-Projekt *„Berichterstattung organische Böden“* (2009-2012), das auf dem BMBF-Projekt aufbaut und um Anmoor und Wald auf Moor (11 Forschungsgebiete deutschlandweit) sowie der Modellentwicklung für die Berichterstattung erweitert wurde.

Literatur

Byrne KA, Chojnicki B, Christensen TR, Drösler M, Freibauer A, Friborg T, Frolking S, Lindroth A, Mailhammer J, Malmer N, Selin P, Turunen J, Valentini R & Zetterberg L (2004) EU peatlands: Current carbon stocks and trace gas fluxes. CarboEurope-GHG Concerted Action – Synthesis of the European Greenhouse Gas Budget. Report 4/2004. Specific Study. Tipo-Lito Recchioni. Viterbo. October 2004. ISSN 1723-2236

Drösler M (2005) Trace gas exchange of bog ecosystems. Southern Germany: Dissertation; Lehrstuhl für Vegetationsökologie; TU-München

Freibauer A., Drösler M., Gensior A., Schulze E.-D. (2009) Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. *Natur und Landschaft*. Heft 01-2009, p. 20-25.

Gensior A & Zeitz J (1999) Einfluss einer Wiedervernässungsmaßnahme auf die Dynamik chemischer und physikalischer Bodeneigenschaften eines degradierten Niedermoores. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung. 38. S. 267 – 302

Höper H (2002) Carbon and nitrogen mineralization rates in German agriculturally used fenlands. In: Broll. G. Merbach. W. und E.-M. Pfeiffer (Hrsg.): Wetlands in Central Europe. Soil organisms. soil ecological processes. and trace gas emissions. Springer. Berlin. 149-164

Höper H (2007) Freisetzung klimarelevanter Gase aus deutschen Mooren. Telma 37. 85-116.

Meyer K (1999) Die Flüsse der klimarelevanten Gase CO2. CH4. N2O eines nordwestdeutschen Niedermoores unter dem Einfluss der Wiedervernässung.. Göttinger Bodenkundliche Berichte; Band 111. 134 S.

Mundel G (1976) Untersuchungen zur Torfmineralisation in Niedermooren.- Archiv Acker-. Pflanzenbau und Bodenkunde. H. 10. 20: 669-679

„Biochar“: Eine Option zur nachhaltigen Ressourcennutzung im 21. Jahrhundert

PD Dr. Bruno Glaser
Universität Bayreuth, Abteilung Bodenphysik, Universitätsstr. 30, 95440 Bayreuth,
Email: bruno.glaser@uni-bayreuth.de

Zusammenfassung

Klimawandel und steigender Nahrungs- und Energiebedarf führen zu Landdegradation und Treibhausgas-Emissionen. Daher sind Optionen für nachhaltiges Management natürlicher Ressourcen eine bedeutende Herausforderung des 21. Jahrhunderts. Eine Reduzierung der Anfälligkeit von Nutzungssystemen gegenüber dem Klimawandel erfordert Handlungsstrategien, welche sowohl eine Zunahme der Primärproduktion als auch positive Effekte für Nutzer und Gesellschaft generieren. Mögliche Ansatzpunkte sind z. B. die Bezahlung für den Erhalt oder die Generierung von Ökosystem-Service-Leistungen (Ecosystem Services). Das Problem bei diesem Ansatz besteht darin, dass niemand wirklich Geld in die Hand nimmt, um für Ökosystem-Serviceleistungen zu bezahlen. Ein intelligenterer Ansatz besteht daher darin, bestehende Stoffströme zu optimieren und zwar sowohl aus ökologischen als auch aus sozioökonomischen Aspekten. Die Konvertierung von Biomasseabfällen in Biochar und die simultane Nutzung von Nährstoffen aus Abwässern nach dem Vorbild 2000 Jahre alter nachhaltiger Landnutzung in Zentralamazonien, der sog. Terra Preta (Glaser, 2007; Glaser et al., 2001) ist ein solcher Ansatz, welcher potenziell viele Vorteile gegenüber bestehenden Stoffströmen bietet: Langfristige C-Sequestrierung (einziger bekannter C-negativer Prozess!!!) (Glaser et al., 2009; Marris, 2006), Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, Ersatz von fossiler Energie und konventionellem Dünger, Handel mit C-Krediten etc. (Lehmann and Joseph, 2009).

Das Entwicklungspotenzial dieses relativ jungen Forschungsfeldes ist enorm. Neben steigenden Zahlen an Forschungsprojekten und Publikationen wurden inzwischen weltweit 5 Professuren mit dem Schwerpunkt Biochar (2 in Neuseeland und 3 in UK) eingerichtet. Auch das öffentliche und politische Interesse an diesem Thema steigt rasant. So wurde Biochar als Klimaschutzoption (langfristige C-Senke, CO_2-negativ) erstmals auf dem Weltklimagipfel in Bali (Dez. 2007) sowie auf der UNCCD-Konferenz in Poznan diskutiert (Dez. 2008). Weitere Aktionen sind für die Kyoto-Nachfolge-Konferenz in Kopenhagen im Dez. 2009 geplant. Ferner wurde ein Antrag bei der UNCCC auf Anerkennung von Biochar-Projekten als Clean Development Mechanism (CDM) gestellt.

Die prinzipiellen Wirkungsmechanismen von Biochar beruhen auf seiner Stabilität gegenüber mikrobiellem Abbau (Abb. 1 links) und der Fähigkeit zur Speicherung von Wasser und Nährstoffen (Abb. 1 rechts; Glaser, 2007; Glaser et al., 2002; Abb. 1 rechts; Lehmann and Joseph, 2009). Allerdings sind noch viele Fragen offen wie z. B. biologische, physikalische und chemische Wechselwirkungen, Synergismen und Antagonismen von Biochar in verschiedenen Ökosystemen und unter verschiedener Nutzung. Ferner müssen anwendungsorientierte Fragestellungen geklärt werden wie z. B. technologische Aspekte der Biochar-Produktion und –Anwendung, Analyse der

Material-, Energie-, Wasser-, Gas-, Schadstoff- und Nährstoffströme, Up-Scaling, Ökonomie, politische Rahmenbedingungen etc.
Im Vortrag werden die Wirkungsweise von Terra Preta und die Besonderheiten von Biochar erläutert sowie Fallbeispiele für die Anwendung von Biochar und deren Möglichkeiten und Grenzen demonstriert.

Abbildung 1: Biochar: Erhöhung der C-Speicherung (links) und der Bodenfruchtbarkeit (rechts). Ko=Kontrolle, HK=Biochar, NPK=NPK-Dünger.

Literatur

Glaser, B. (2007). Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* **362**, 187-196.

Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., and Zech, W. (2001). The Terra Preta phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften* **88**, 37-41.

Glaser, B., Lehmann, J., and Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - a review. *Biology and Fertility of Soils* **35**, 219-230.

Glaser, B., Parr, M., Braun, C., and Kopolo, G. (2009). Biochar is carbon negative. *Nature Geoscience* **2**, 2.

Lehmann, J., and Joseph, S., eds. (2009). "Biochar for Environmental Management, Science and Technology."

Marris, E. (2006). Black is the new green. *Nature* **442**, 624-626.

Stickstoff-Überschuss in der Landwirtschaft Deutschlands: Folgen für Böden, Gewässer und angrenzende Ökosysteme

Rolf Nieder,
Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie, Braunschweig Langer Kamp 19c, 38106 Braunschweig, E-Mail: r.nieder@tu-bs.de

Stickstoff- (N-) Überschüsse sind seit Beginn der Nachkriegszeit ein weit verbreitetes Phänomen vieler Industrieländer und neuerdings auch einiger Schwellenländer, wie China, Indien und Brasilien (z.B. Galloway et al., 2004). Ein Teil des N-Überschusses kann in unterschiedlichen Formen aus dem Boden emittieren und in andere Umweltkompartimente oder –systeme gelangen. Der N-Überschuss hat somit einen negativen Einfluss auf die Umwelt (NO_3^--Auswaschung in Gewässer, N_2O-Anreicherung in der Atmosphäre, Eutrophierung naturnaher Ökosysteme). Unter bestimmten Voraussetzungen kann ein Teil im Boden des N-Überhanges festgelegt werden (Nieder und Benbi, 2008).

In Deutschland beträgt der N-Überschuss derzeit etwa 85 kg ha^{-1} a^{-1} (in den Alten Bundesländern ca. 100 kg ha^{-1} a^{-1}; Nieder et al., 2003; 2007). Der kumulative N-Überhang von 1950 bis 2008 beläuft sich auf etwa 4,000 kg N ha^{-1}. In den Alten Bundesländern wurden in Ackerbauregionen im Mittel etwa 1,500 kg N ha^{-1} in den um ca. 1970 von rund 25 auf >35 cm vertieften Krumen angereichert. Dies entspricht einer jährlichen Anreicherung von ca. 50 kg N ha^{-1}. Wenn man für die Alten Bundesländer den N-Überhang (ca. 100 kg ha^{-1} a^{-1}) und die N-Deposition (>30 kg N ha^{-1} a^{-1}) mit den mittleren N-Verlusten (ca. 40 kg ha^{-1} a^{-1} als Auswaschungs- und ca. 40 kg N ha^{-1} a^{-1} als gasförmige Verluste) und die N-Akkumulationsrate (ca. 50 kg N ha^{-1} a^{-1}) für die Periode 1970-2000 vergleicht, so ergibt sich eine weitgehend ausgeglichene Bilanz. Seit etwa 2000 ist die Pufferkapazität für reaktiven Stickstoff in den meisten Ackerböden Westdeutschlands allerdings erschöpft (Nieder und Richter, 2000). Ein zusätzliches Belastungspotenzial ergibt sich durch die neuerlichen Grünlandumbrüche für Energiepflanzenanbau.

Die Wälder der gemäßigten Klimazone sind seit geraumer Zeit erhöhten atmosphärischen N-Depositionen ausgesetzt (Aber et al., 1998). In norddeutschen Kiefernbeständen (*Pinus sylvestris*) auf pleistozänen Sanden hat eine Zunahme der N-Verfügbarkeit nahezu flächendeckend zu einer Veränderung der Bodenvegetation geführt. An stickstoff-limitierte Bedingungen angepasste Arten (*z.B. Vaccinium myrtilis*) sind vor allem durch Gräser (z.B. *Avenella flexuosa*) ersetzt worden. Ebenso hat sich die Morphologie der Humusformen geändert. Über lange Zeiträume war in >60 Jahre alten Kiefernbeständen die typische Humusform Rohhumus. In vielen Kiefernforsten hat aufgrund der hohen N-Einträge ein Wandel der Humusformen in Richtung Moder stattgefunden. Diese Umwandlung hat erhebliche Folgen für die C- und N-Dynamik der Kiefernforsten, da Moder im Vergleich zu Rohhumus deutlich weniger C und N speichert. Das ehemalige Senkensystem Kiefernforst ist somit in ein Quellensystem übergegangen. Dies zeigt sich beim Stickstoff u.a. auch in drastisch erhöhten Boden-N_{min}-Gehalten in den Beständen (Nieder et al., 2004).

Aufgrund der weitreichenden Folgen der N-Belastungen sind Maßnahmen zur Reduzierung der N-Überschüsse dringend erforderlich. Diese umfassen i) Anpassung der Aufwandmengen für N-Dünger an den

Bedarf der Kulturpflanzen, ii) Anpassung der Viehbesatzdichten an ein Niveau (< 1.2 Großvieheinheiten ha^{-1}), bei dem Schäden an Gewässern und naturnahen Ökosystemen weitgehend ausgeschlossen werden können, iii) Ausbringung von N-Düngern zu Zeitpunkten, bei denen geringe Verluste zu erwarten sind, iv) genauere Plazierung der N-Dünger im Boden, um die Zugänglichkeit für Pflanzenwurzeln zu erhöhen und v) Nutzung von N-Depotdüngern oder Nitrifikationshemmern.

Literatur

Aber, J.D., McDowell, H.W., Nadelhoffer, K.J., Magill, A., Bernston, G., Kamakea, M., McNulty, S.G., Currie, W., Rustad, L. und Fernandez, I. (1998): Nitrogen saturation in temperate forest ecosystems. BioScience **48**, 921-934.

Galloway, J.N., Dentener, F.J., Capone, D.G., Boyer, E.W., Howarth, S.P., Seitzinger, S.P., Asner, G.P., Cleveland, A.F., Green, P.A., Holland, E.A., Karl, D.M., Michaels, A.F., Porter, J.H., Townsend, A.R., und Vörösmarty, C.J. (2004): Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry* **70**, 153-226.

Nieder, R. und Benbi, D.K. (2008): Carbon and Nitrogen in the Terrestrial Environment. Springer, 430 p.

Nieder, R., Brinkmann, S., Köster, W., Wachter, H. and Isermann, K. (2004): Stickstoff-Mobilisierung in Humusauflagen norddeutscher Kiefernforste. *Wasserwirtschaft – Zeitschrift für Wasser und Umwelt,* **11**, 29-33.

Nieder, R., Köster, W., Dauck, H.P., and Brinkmann, S. (2003): Nährstoff-Überschüsse in Deutschland von 1950 bis 2000: Quellen, Senken und Wirkungen auf die Umwelt, I. N-Überhang der Landwirtschaft. *Landnutzung und Landentwicklung* **44,** 172-178.

Nieder, R., Köster, W. und Kersebaum, K.C. (2007): Beitrag der Landwirtschaft zu diffusen N-Einträgen. WasserWirtschaft – *Zeitschrift für Wasser und Umwelt* **1-2**, 53-57.

Nieder, R., and Richter J. (2000): C and N accumulation in arable soils of West Germany and its influence on the environment - Developments 1970 to 1998. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **163**, 65-72.

Strategien zur Minderung von klimarelevanten Emissionen und N-Ausscheidungen aus der Tierproduktion

Peter Lebzien, Ulrich Meyer, Heiner Niemann, Sabrina Hachenberg,
Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,
peter.lebzien@fli.bund.de

Einleitung

Nach Steinfeld et al. (2006) wird weltweit das Fleisch- und Milchaufkommen bis zum Jahr 2050 um 230 % bzw. 180 % steigen. Diese Entwicklung stellt nicht nur eine große Herausforderung an einen effektiven Ressourceneinsatz dar, sondern erfordert auch Maßnahmen zur Reduzierung der damit verbundenen Umweltbelastungen. Insbesondere den Wiederkäuern wird ein nicht unerheblicher Beitrag bei der Freisetzung klimarelevanter Gase zugeordnet. Im vorliegenden Beitrag soll auf wesentliche Quellen der Treibhausgase in der Tierproduktion und ausgewählte Möglichkeiten zu Reduzierung derselben sowie der N-Ausscheidungen eingegangen werden.

Allgemeine Reduzierungspotenziale

Bei höheren Leistungen verteilt sich der „unproduktive“ Erhaltungsbedarf zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge der Nutztiere auf eine immer größere Produktmenge, so dass der Nährstoffaufwand und die Ausscheidungen je Einheit erzeugtes Produkt geringer werden. Hierbei sind auch „unproduktive“ Zeiten, wie Aufzucht, Zwischenkalbezeit, Ausfall durch Krankheit und dergleichen zu berücksichtigen.

Als allgemeine Reduzierungspotenziale sind zu nennen:

- Leistungsoptimierung der Tiere und damit mögliche Reduzierung der Tierzahlen
- Reduzierung der Aufzuchtdauer der Jungtiere
- Längere Nutzungsdauer der Tiere
- Verbesserung der Tiergesundheit und weniger Tierverluste
- Züchterische Bearbeitung von Merkmalen wie Futteraufnahme und –verwertung
- Entwicklung neuer züchterischer Strategien zur Reduktion klimarelevanter Ausscheidungen
- Überschüsse vermeiden durch möglichst exakte Bedarfsdeckung in Abhängigkeit von Tierart/-kategorie, Leistungshöhe u.a.
- Fütterungstechnik, Tierhaltung und Exkrementmanagement

Im Rahmen dieser Ausführungen kann nur auf einige dieser Punkte eingegangen werden. Insbesondere Fragen nach Züchtung, Fütterungstechnik, Tierhaltung und Exkrement- management werden nicht weiter betrachtet.

Spezifische Reduzierungspotentiale

Im Folgenden sollen vor allem einige Möglichkeiten zur Reduzierung der Methan- und Stickstoffausscheidungen betrachtet werden:

<u>Methan</u>

Methan ist ein natürliches Nebenprodukt der mikobiellen Umsetzungen der pflanzlichen Zellwandbestandteile wie Zellulose oder Hemizellulose im Pansen bzw. Dickdarm. In Abhängigkeit von der Rationsgestaltung werden im Wiederkäuerpansen im Mittel 6 bis 8 % der aufgenommenen Energie (Bruttoenergie) bzw. 20 bis 25 g Methan/ kg Futtertrockenmasse gebildet. Durch die

Rationsgestaltung (z.B. mehr Kraftfutter/geringerer Zellwandanteil, Fetteinsatz) und Futterzusatzstoffe kann die Methanbildung vermindert werden, die Möglichkeiten sind jedoch begrenzt (Flachowsky und Brade 2007). Vor allem ist darauf hinzuweisen, dass zur Bewertung verschiedener Maßnahmen zur Reduzierung der Methanemissionen *in vitro*-Studien nicht ausreichen, da die Reaktionen der Tiere auf diese Maßnahmen wie zum Beispiel eine reduzierte Futteraufnahme, eine reduzierte Verdaulichkeit, eine Adaptation der Pansenmikroben bei längerer Verabreichung, Rückstände verabreichter Substanzen in Milch, Fleisch und/oder Umwelt nicht miterfasst werden können.

Stickstoff

Mehr als die Hälfte des von den Lebensmittel liefernden Tieren aufgenommenen Stickstoffs wird im Kot und Harn der Tiere wieder ausgeschieden. Obwohl dabei weder Lachgas noch andere umweltrelevante N-Verbindungen ausgeschieden werden, sind die Senkung der N-Ausscheidung, insbesondere über den Harn und die Schaffung von Bedingungen beim Exkrementmanagement, welche die Bildung derartiger Verbindungen verhindern, die wesentlichsten Maßnahmen zur Reduzierung negativer Wirkungen von N-Verbindungen.

Neben den bereits erwähnten allgemeinen Ansätzen zur Reduzierung der Ausscheidungen bestehen seitens der Tierernährung bezüglich des Stickstoffs einige weitere Möglichkeiten die Ausscheidungen zu vermindern. Hierbei ist jedoch zwischen den Wiederkäuern und den Nichtwiederkäuern zu unterscheiden.

Wiederkäuer:

Um beim Wiederkäuer eine effektive Stickstoffnutzung zu erreichen, kommt es vor allem darauf an, die Kenntnisse über die Umsetzungen im Pansen bei der Rationsgestaltung zu berücksichtigen und zu erweitern.

Dabei gilt folgendes:

- Die Protein-/Stickstoffzufuhr sollte sowohl den N-Bedarf der Mikroben, als auch den Aminosäurenbedarf der Tiere decken. Überschüsse sind zu vermeiden.
- Mit zunehmender Leistung ist mehr unabbaubares Futterprotein in der Ration erforderlich.
- Ein optimales Pansenmilieu (pH-Wert) und die Versorgung der Mikroben mit allen essentiellen Nährstoffen sind die grundlegende Vorraussetzung für eine effektive Fermentation und Nutzung des Futter-N für die mikrobielle Proteinsynthese.
- Weitere Untersuchungen sind erforderlich um den Einsatz von geschützten Aminosäuren, die Nutzung der absorbierten Aminosäuren für die Milchbildung, den Proteinansatz und die Glukoneogenese besser beurteilen zu können.

Nichtwiederkäuer:

In der Fütterung der Nichtwiederkäuer bestehen vor allem folgende Möglichkeiten zur Reduzierung der Stickstoffausscheidungen:

- Vermeidung von Proteinüberschüssen, d.h. Versorgung nach den Versorgungsempfehlungen/ Bedarfsnormen.

- Ergänzung der Futtermischungen mit kristallinen Aminosäuren beziehungsweise optimale Kombination von Proteinträgern mit verschiedenem Aminosäurenmuster um den Gesamtproteingehalt der Ration zu senken.
- Phasenfütterung mit verschiedenen Protein-/Aminosäuregehalten in den Futtermischungen in Abhängigkeit von Alter oder Lebendmasse.

Literatur

Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C (2006) Livestock´s long shadow. Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome.

Flachowsky G, Brade W (2007) Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. Züchtungskunde. Vol. 79, pp. 417-465.

Klimagasbilanzen und CO_2-Minderungskosten bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Helmut Döhler,
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) e.V., Bartningstrasse 49,
64289 Darmstadt, h.doehler@ktbl.de

1 Das nationale Emissionsinventar Landwirtschaft und Ergebnisse der nationalen Emissionsberichterstattung

Das nationale Emissionsinventar Landwirtschaft wird jährlich von vTI und KTBL erstellt. Das Emissionsinventar beschreibt Stoffflüsse im landwirtschaftlichen Produktionssystem unter Einschluss aller Emissionen aus einem Datensatz mit einer räumlichen Auflösung auf Landkreisebene. Eine Übersicht über die klimawirksamen Gase der deutschen Landwirtschaft 2005 ist in der Tabelle zusammengestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die dargestellten Quellgruppen „Energiebedingte Emissionen“ und „N-Düngerherstellung“ nicht Bestandteil der landwirtschaftlichen Berichterstattung sind, sondern anderen Sektoren zugeordnet werden. Die Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft betragen etwa 133 Mio. t CO_2-Äquivalente; damit trägt sie mit etwa 13 % zu den Klimagasemissionen Deutschlands bei. Die wichtigsten Quellgruppen stellen die landwirtschaftlichen Böden, die Stickstoffdüngerherstellung und -nutzung sowie die Verdauung der Wiederkäuer dar. Während die Landwirtschaft nur vergleichsweise geringe Anteile der nationalen Treibhausgasemissionen verursacht (6 %), gehört sie für die Klimagase Methan und Lachgas zu den Hauptverursachern (45 bzw. 82 %). Die deutsche Landwirtschaft trägt damit zwar nur in geringem Umfang zur nationalen Treibhausgasbelastung bei; zählt man aber den versorgenden Nahrungsmittelsektor, inklusive Transport, Handel und Aufbereitung, und den entsorgenden Bereich der Abfallwirtschaft mit Deponien und Behandlungsanlagen für organische Rückstände hinzu, ist von mehr als einem Viertel der nationalen Klimagasemissionen auszugehen.

Tabelle: Klimarelevante Emissionen der deutschen Landwirtschaft 2005 (Döhler und Dämmgen 2008)

Quellgruppe	Emissionen [Mio. t CO_2-Äquivalente]			
	CO_2	CH_4	N_2O	Summe
Verdauung Nutztiere	-	**18,3**	-	18,3
Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft	-	5,0	3,1	8,1
Bodennutzung und Düngung	**42,4**	- 0,6	**42,4**	84,2
Bodenkalkung	1,7	-	-	1,7
Energiebedingte Emissionen (z.B. Kraftstoffe)	6,7	0,0	0,1	6,8
N-Düngerherstellung	5,2	0,3	8,6	14,1
Summe Landwirtschaft	56,0	23,0	54,2	133,2
Summe alle Sektoren	885,9	51,4	66,4	1003,7
Anteil der Landwirtschaft an der Gesamtemission	6,3	44,7	81,6	13,3

2 Minderungspotenziale

Die wichtigsten „Stellschrauben“ für die Minderung der Klimagasemissionen stellen nach Döhler und Dämmgen (2008) die Minderung der C- und N-Ausscheidungen von Nutztieren, die durch die Minderung und Optimierung der N-Düngung, die Änderung der Bodennutzung, die Handhabung der Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft sowie die indirekte und direkte Vermeidung von Klimagasemissionen durch die Erzeugung regenerativer Energieformen dar. Die Wirkungen der Erzeugung von Biogas und der weiterführenden Nutzungsstrategie Stromerzeugung mit Wärmenutzung auf die Energie- und die CO_2-Bilanz werden im Folgenden an zwei Praxis-Anlagen dargestellt.

3 Klimagasbilanz und CO_2-Minderungskosten am Beispiel Biogas

Im Rahmen des EU STREP Projektes „EU-AGRO-BIOGAS“ wurde der Einfluss von Maßnahmen zur Verbesserung der Effizienz von Biogasanlagen hinsichtlich ihrer Energie- und Klimagasbilanz, und der damit verbundenen Klimagas-Minderungskosten analysiert.

Hierzu wurden die Emissionen und die Energie-Input/Output-Beziehungen vor nach der Einführung von Verbesserungsmaßnahmen an 2 Biogasanlagen verglichen. Verglichen wurde weiterhin der Eigenenergiebedarf mit der erzeugten Energie sowie die Klimagasemissionen des Biogasstroms mit der der Stromerzeugung aus fossilen Ressourcen bzw. dem jeweiligen nationalen Energiemix.

Die Bilanzierung erfolgte entsprechend dem Lebenswegansatz nach ISO 14040, Daten von ecoinvent (Swiss Centre for Life Cycle Inventories) wurden zur Bilanzierung herangezogen. Bei der Bilanzierung wurde der gesamte Lebensweg einschließlich der Vorleistungen berücksichtigt (d.h. sowohl die Herstellung der Biogasanlage als der eingesetzten Maschinen und Geräte), die Produktion der regenerativen Energie Biogas sowie die Verwertung der Koppelprodukte (Gärrest) als Dünger.

Die untersuchten Anlagen befinden sich in Österreich (Steiermark) und in Nord-Italien (Piemont), beide weisen eine elektrische Leistung von 1 MW auf. Grundlage für die Fütterung der Anlagen sind Energiepflanzen (hpts. Mais) und Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft. In der österreichischen Anlage werden auch Rückstände aus der Biodieselproduktion genutzt, ursprünglich nur Raps-Presskuchen, in der Demonstrationsphase wurde ein erheblicher Teil der Energiepflanzensilage durch Glycerin als Substrat ersetzt. In der Demonstrationsphase der italienischen Anlage wurde das Gärrestlager mit einer gasdichten Abdeckung versehen, um das Restgaspotenzial des Substrates für die Energieerzeugung nutzbar zu machen. Während die Wärme der österreichischen Anlage zu 90 % in einem Nahwärmenetz genutzt wird, macht die Wärmenutzung in der italienischen Anlage in einer Käserei nur etwa 35 % aus.

Die Ergebnisse der Klimagasbilanzierung sind in der Abbildung dargestellt. Der Ersatz der Energiepflanzen durch Glycerin reduziert die Klimagasemissionen um 53 % und den Energiebedarf um 61 %. Verglichen mit der konventionellen Stromerzeugung kann die Biogaserzeugung mit Glycerin 85 % der Klimagasemissionen und 90 % des Energiebedarfes einsparen. Die Emissions-Minderungskosten betragen 61 €/t CO_2eq.

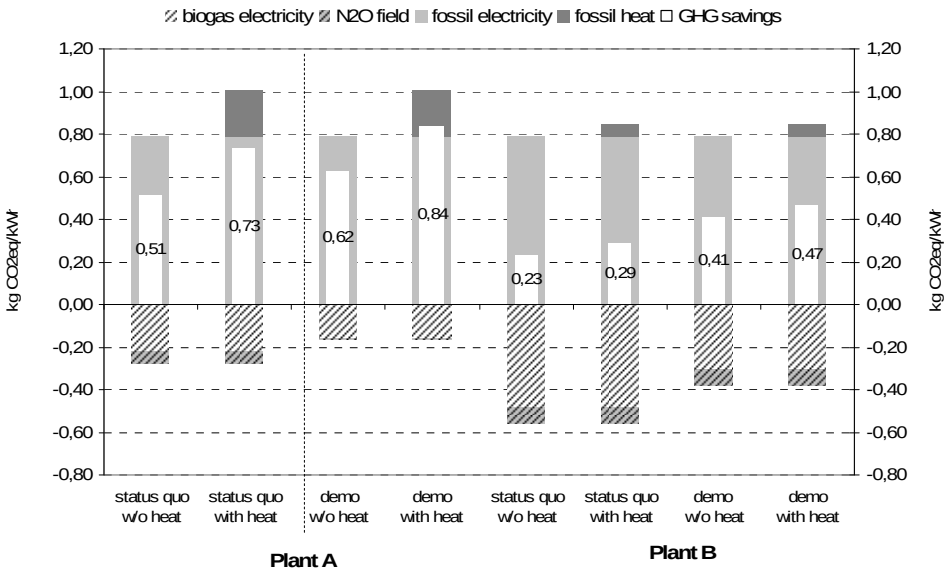


Abbildung: Klimagasemissionen von 2 europäischen Biogasanlagen im Vergleich zur „konventionellen“ Energieerzeugung . Anlage A: Österreich; Optimierung (‘Demo’) durch Ersatz von Energiepflanzen durch Koppelprodukt Glycerin. Anlage B: Italien; Optimierung (‘Demo’) durch gasdichte Abdeckung des Gärrestlagers und Nutzung des Restgases.

Die Abdeckung des Gärrestlagers der italienischen Anlage führt nicht nur zu einer direkten Minderung der Methanemission, sondern auch zu einer Erhöhung der Anlageneffizienz und der Verminderung der Klimagasemissionen durch die Einsparung „konventionell“ erzeugten Stroms. Unter anderem wegen der suboptimalen Wärmenutzung kann allerdings nicht die Effizienz der österreichischen Anlage erreicht werden. Die Emissions-Minderungskosten liegen mit 403 € / t CO_2eq deutlich höher.

4 Schlussfolgerung

Nur gut geplante und betriebene Biogasanlagen leisten sowohl einen Beitrag zum Klimaschutz als auch zu einer volkswirtschaftlich tragbaren Energiealternative.

5 Literatur

H. Döhler, A. Niebaum, U. Roth, T. Amon, P. Balsari and Georg Friedl (2009): Greenhouse Gas Emissions and Mitigation costs in two European Biogas Plants. Proceedings of the XXXIII CIOSTA/CIGR Conference, 17-19th of June 2009, Reggio Calabria (Italy).

H. Döhler und U. Dämmgen (2008): Forschungsbedarf zur Emissionsminderung klimarelevanter Gase im Ökolandbau. KTBL-Schrift „Klimawandel und Ökolandbau -Situation, Anpassungsstrategien und Forschungsbedarf“, KTBL (Hrsg.), Darmstadt 2008.

Zusammenfassungen der Vorträge

Verbraucherverhalten und Bewertungsinstrumente in der Praxis

Umweltökonomische Bewertung: CO_2-Vermeidungskosten

Bernhard Osterburg, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ländliche Räume (vTI-LR), Braunschweig

Mit nachhaltiger Ernährung das Klima schonen. Wie können Verbraucher dazu beitragen?

Erika Claupein, Max Rubner-Institut/MRI, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Ernährungsverhalten, Karlsruhe

Theoretische Grundlagen und Berechnungsmethoden für den Product Carbon Footprint

Jennifer Teufel, Öko-Institut, Freiburg

Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung und Kennzeichnung des Product Carbon Footprints von Lebensmitteln

Andreas Bosselmann, Frosta AG, Bremerhaven

Umweltökonomische Bewertung: CO_2-Vermeidungskosten

Bernhard Osterburg,
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ländliche Räume (vTI-LR), Bundesallee 50,
D-38116 Braunschweig, bernhard.osterburg@vti.bund.de

Mit dem am 6. April 2009 beschlossenen Gesetzespaket zu Klima und Energie hat sich die EU im Klimaschutz auf eine neue internationale Verpflichtungsperiode nach dem Jahr 2012 vorbereitet (Council of the European Union, 2009). Demnach soll der Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2020 in den EU-Mitgliedstaaten 20 % am Endenergieverbrauch und 10 % am Energieverbrauch im Transport erreichen. Die Treibhausgas-(THG-)Emissionen der EU sollen gegenüber 1990 um 20 % reduziert werden, bei Abschluss eines Post-Kyoto-Abkommens um 30 %. Dazu soll das EU-Handelssystem für Treibhausgas-Emissionszertifikate (European Union Emission Trading System, EU-ETS) ausgebaut und als Finanzierungsquelle und Impulsgeber für Innovationen im Klimaschutz genutzt werden. Nach der Entscheidung zum „effort sharing“ sollen auch Emissionen, die nicht durch das ETS erfasst werden, reduziert werden. Hierunter fällt neben kleineren Industrie- und Gewerbeunternehmen, Verkehr und Haushalten auch die Landwirtschaft. Wie die notwendigen THG-Minderungen auf diese Bereiche zu verteilen sind, wird in der Entscheidung der einzelnen EU-Staaten liegen.

Vor diesem Hintergrund ist zu prüfen, welche Emissionsminderungspotentiale die betreffenden Sektoren aufweisen, und wie diese mobilisiert werden können. Ein zentrales Kriterium für die Auswahl von Minderungsmaßnahmen sind die Vermeidungskosten, ausgedrückt in € pro Tonne vermiedener THG-Emission in CO_2-Äquivalenten (€/t $CO_{2äq.}$). Aus technischer Sicht ist es nämlich unerheblich, in welchen Sektoren und wo auf der Erde die global wirksamen THG-Emissionen reduziert werden. Anhand der Vermeidungskosten können somit die für den Klimaschutz kostengünstigsten Optionen ausgewählt werden. Um die internationalen verteilungspolitischen Konsequenzen eines umfangreichen Exports von Klimaschutzanstrengungen in die Entwicklungsländer zu begrenzen, muss der Großteil der Minderungen allerdings innerhalb der EU erfolgen. Ein erwünschter Effekt ist, dass steigende Zertifikatekosten in der EU die für den Klimaschutz effizientesten Produzenten begünstigen und technische Innovationen auslösen.

Die Vermeidungskosten der im ETS erfassten Kraftwerke und Industrieanlagen werden durch den Markt für Emissionszertifikate transparent gemacht, sie liegen derzeit bei ca. 20 €/t $CO_{2äq.}$. In Deutschland werden bisher ca. 1.850 Anlagen durch das ETS erfasst, die für über 50 % der deutschen THG-Emissionen verantwortlich sind. Das ETS wird auch nach 2012 nicht auf alle anderen Wirtschaftsbereiche ausgedehnt. Der Grund ist in den hohen Transaktionskosten zu suchen, die beispielsweise mit der Einbeziehung der knapp 400.000 Landwirtschaftsbetriebe allein in Deutschland verbunden wäre. Für die Klimaschutzpolitik bedeutet dies, dass außerhalb des ETS möglichst effiziente Ersatzpolitiken umgesetzt werden müssen. Neben einer vertretbaren Kostenwirksamkeit im Vergleich zu Klimaschutzoptionen in anderen Sektoren sind eine hohe und dauerhafte Wirkungssicherheit, Synergien mit anderen (umwelt-)politischen Zielen, geringe unerwünschte Nebeneffekte („leakage“) und die verwaltungstechnische Umsetzbarkeit Kriterien für die Auswahl klimaschutzpolitischer Maßnahmen (vgl. Smith et al., 2007). Weiterhin sind die Erfassbarkeit von Maßnahmenwirkungen in den THG-Bilanzen und die (für Maßnahmen im

Bereich Landnutzung und Forsten z. Z. stark eingeschränkte) Anrechenbarkeit auf die Klimaschutzziele zu berücksichtigen.

Strukturveränderungen, technischer Fortschritt sowie andere umweltpolitische Maßnahmen können auch ohne eigenständige Klimaschutzmaßnahmen und ohne zusätzliche Vermeidungskosten zu Emissionsminderungen beitragen. So war die Abnahme der THG-Emissionen der Quellgruppe Landwirtschaft von 1990 bis 2007 um 16,5 % (gut 10 Mio. t $CO_{2äq.}$ p.a.) auf den Tierbestandsabbau Anfang der 90er Jahre in den Neuen Ländern, den allgemeinen Rückgang der Rinderbestände sowie die Reduzierung des N-Mineraldüngereinsatzes zurückzuführen. Ohne zusätzliche politische Anstrengungen sind im Agrarsektor bis zum Jahr 2020 aber nur noch geringe Emissionsminderungen zu erwarten.

Optionen mit vergleichsweise geringen Vermeidungskosten unter 50 €/t $CO_{2äq.}$ sind eine weitere Steigerung der N-Ausnutzung unter Berücksichtigung anderer Umweltziele (Reduzierung von N-Überschüssen und Ammoniakemissionen), die verstärkte Kofermentierung von Gülle in Biogasanlagen zur Vermeidung von Methanemissionen und die Aufforstung von Flächen mit geringen landwirtschaftlichen Potentialen. Die Renaturierung von Moorflächen, zumindest aber die Erhaltung von Grünland auf Moorböden ist eine weitere, flächenbezogene Klimaschutzoption, deren Kosten aber stark von der regionalen Agrarstruktur und aktuellen Nutzung abhängen. Die Bereitstellung nachwachsender Rohstoffe zur stofflichen oder energetischen Nutzung stellt ein großes und zum Teil auch sehr kostengünstiges THG-Minderungspotential dar. Die ‚politische Anrechnung' dieser Minderungen wird aber nicht unbedingt zugunsten der Agrar- und Forstwirtschaft, sondern von Sektoren erfolgen, die nachwachsende Rohstoffe aufnehmen. Für die Bewertung solcher sektorübergreifender Stoff- und Energieströme sind umfassende Lebensweganalysen erforderlich, und bei der Festlegung von Minderungsverpflichtungen sollten intersektorale Austauschbeziehungen berücksichtigt werden.

Literatur

Council of the European Union (2009): Council adopts climate-energy legislative package. Pressemitteilung. Brussels, 6 April 2009, 8434/09 (Presse 77).

Smith P et al. (2007): Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment. Vol. 118, 1-4, Jan. 2007, pp. 6-28.

Mit nachhaltiger Ernährung das Klima schonen – Wie können Verbraucher dazu beitragen?

Erika Claupein,
Max Rubner-Institut/MRI, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Ernährungsverhalten, Karlsruhe, Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe, erika.claupein@mri.bund.de

Der Klimawandel und mit ihm die ökologischen Probleme unserer Zeit stellen die Grundlinien der bisherigen gesellschaftlichen Entwicklung in Frage. Nachhaltigkeit ist mittlerweile zum politischen Leitbild, zur gesellschaftlichen Aufgabe avanciert. Eine nachhaltige Entwicklung bezieht sich auf ökologische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Prozesse gleichzeitig und beinhaltet daher eine integrative Sicht der Problemlage. Dementsprechend vielfältig sind die Ansätze und Konzepte, um dieses Leitbild umzusetzen. Dabei werden idealerweise sowohl technische, organisatorische und soziale Strategien (z. B. Veränderung des Verbraucherverhaltens) verfolgt und umgesetzt.

Das Bedürfnisfeld Ernährung zählt neben den Bedürfnisfeldern Mobilität und Wohnen zu den drei Bereichen mit den größten Umweltauswirkungen (BUND/MISERIOR, 1996). Mit einem Anteil von insgesamt etwa 16-20 % trägt es erheblich zur Treibhausgasemission bei. Davon entstehen 45% bei der Herstellung und Vertrieb (durch Produktion, Verarbeitung und Gütertransporte). Durch den Energieverbrauch bei der Lagerung, Zubereitung und dem Konsum von Lebensmitteln in privaten Haushalten und dem Außer-Haus-Verzehr entstehen 55%. Davon haben die privaten Einkaufsfahrten einen relativ großen Anteil von rund 5% (Wiegmann et al, 2005).

Ein ganz wesentlicher Faktor spielt der Anteil der tierischen Lebensmittel bei der Ernährung. Der weitaus größte Anteil der Emissionen fällt bei der Produktion und Verarbeitung von Milchprodukten (53% bei einem durchschnittlichen Konsum von 287 kg/Haushalt/ Jahr) und Fleisch, insbes. Rindfleisch (25% bei einem durchschnittlichen Konsum von 106 kg/Haushalt/Jahr) an. Auf Gemüse, das mit 31% (durchschnittlich 317 kg/Haushalt/Jahr) mengenmäßig den größten Anteil am Lebensmittelverzehr ausmacht, entfallen rund 10 % der Treibhausgasemissionen (Wiegmann et al, 2005). Insofern beinhaltet die Zusammensetzung des Speiseplans das größte Einsparpotential. So wurde berechnet, dass mit einer fleischreduzierte Kost gegenüber einer Mischkost bis zu 27%, und mit einer vegetarischen Kost weitere 15% (d.h. insgesamt bis zu. 42%) der Teibhausgasemissionen eingespart werden könnte (Taylor, 2000; Hoffmann, 2002).

Weitere Einsparpotentiale werden gesehen durch den Verzehr von saisonalen Freilandprodukten (bis zu 5%), von regionalen Produkten (ca. 5%), durch Ökoprodukte (ca. 6%) sowie durch den Verzicht auf Tiefkühlware (ca. 2%). Des Weiteren tragen energiesparende Haushaltsgeräte und die Wahl klimafreundlicher Verkehrsmittel beim Einkauf wesentlich zu einer Reduzierung der CO2-Emissionen bei.

Hieraus werden für die privaten Haushalte folgende Empfehlungen für eine Klima schonende Ernährung abgeleitet: Mehr pflanzliche und weniger tierische Lebensmittel, möglichst aus Bio-Produktion essen; Keine Produkte kaufen, die per Flugzeug importiert werden, sondern regionale Lebensmittel wählen; Saisonales Gemüse und Obst aus dem Freiland bevorzugen; Frische, gering verarbeitete Lebensmittel statt Tiefkühl- und Convenienceprodukte kaufen; Energieeffiziente

Haushaltsgeräte einsetzen; Einkaufen zu Fuß oder Fahrrad und öffentliche klimafreundlichere Verkehrsmittel nutzen.

Die Handlungsempfehlungen für eine klimafreundliche Ernährungsweise entsprechen den Empfehlungen für eine gesunde Ernährung. Ihre Umsetzung kann nicht nur positive gesundheitliche Folgen für die Betroffenen haben, sondern auch hohe ernährungsinduzierte Gesundheitskosten vermeiden. So zeigt sich in diesem Fall eine hohe Zielkongruenz: eine gesunde Ernährung tut nicht nur den Menschen, sondern auch Umwelt und Klima gut.

Da die empfohlene Ernährungsumstellung zwar Veränderungsbereitschaft, nicht unbedingt aber Mehrkosten erfordert (Mertens et al, 2008), könnte sich eine perfekte win-win-Situation einstellen. Aber all diese Empfehlungen und Ratschläge haben bisher nicht die erhoffte Wirkung gezeigt. Dies mag zum einen an der bisherigen Praxis der Ernährungskommunikation liegen, zum anderen stellt der Alltag und seine alltäglichen Handlungsvollzüge eine ganz entscheidende Barriere dar. Private Haushalte sind bereits in hohem Maße mit ihren alltäglichen Versorgungsleistungen beansprucht. Nachhaltige Ernährung muss den Wunsch und das Bedürfnis der KonsumentInnen nach Entlastung und Vereinfachung aufgreifen. Es bedarf nachhaltig gestalteter Versorgungs- und Infrastrukturen (Lebensmittel und Mahlzeiten z.B. betriebliche GV, Verpflegung von Schulen und Kitas, Einkaufsmöglichkeiten vor Ort), wenn sich klimafreundlicheres Verhalten durchsetzen soll. Nachhaltiges Ernährungsverhalten ist keine Privatangelegenheit, es braucht fördernde Strukturen und Angebote sowie kompetente Akteure in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft (Hayn, 2007).

Literatur

BUND/MISEREOR (1996) Zukunftsfähiges Deutschland - Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung Basel

Hayn D (2007) Alltagsgestaltung der Konsumentinnen und Konsumenten – Ausgangspunkt einer Ernährungswende. Nölting B, Schäfer M (Hg) Vom Acker auf den Teller, München, pp. 73-83

Hoffmann I (2002) Ernährungsempfehlungen und Ernährungsweisen: Auswirkungen auf Gesundheit, Umwelt und Gesellschaft, Habilitationsschrift Justus-Liebig-Universität Gießen

Mertens E, Hoffmann I, Schneider K, Claupein E, Spiller A (2008) Lebensmittelkosten bei verschiedenen Ernährungsweisen – Teil 1 und 2. Ernährungs Umschau 3/08 pp. 139-143 und 4/08 pp. 210-215

Taylor C (2000) Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren. Gießen

Wiegmann K, Eberle U, Fritsche U, Hünecke K (2005) Umweltwirkungen von Ernährung – Stoffstromanalysen und Szenarien. Öko-Institut e.V. Darmstadt/Hamburg

Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung und Kennzeichnung des Product Carbon Footprints von Lebensmitteln

Dr. Andreas Bosselmann,
Frosta AG, Am Lunedeich 116, 27572 Bremerhaven, bosselmann@frosta.de

FRoSTA beteiligte sich als einziger Lebensmittel-Produzent am PCF-Pilotprojekt von *THEMA 1* in Berlin.

Das Projekt wurde im Zeitraum März 2008 bis März 2009 durchgeführt.

Unter der Trägerschaft von THEMA 1, WWF-Deutschland, Öko-Institut und Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung beteiligten sich 10 namenhafte Unternehmen aus Industrie und Handel an dem Projekt:

Die wichtigsten Projektziele der FRoSTA AG waren:

- Das Erlernen der Berechnungsmethodik für die Ermittlung der CO_2e-Emissionen
- Aufbau des Know-hows durch das gemeinsame Berechnen von Fallbeispielen
- Ermittlung von Treibern („hot spots“) für die CO_2e-Emissionen
- Erstellung eines Projektsplanes zur Senkung der Emissionen für das FRoSTA-Sortiment

Als Fallbeispiel des Hauses FRoSTA wurde das Produkt Tagliatelle Wildlachs untersucht.

Ergebnisse und Learnings aus der Projektteilnahme siehe Poster.

CO_2-Fußabdruck von dem FRoSTA Gericht Tagliatelle Wildlachs

Das Unternehmen

Die Marke FRoSTA ist Marktführer für Tiefkühlgerichte in Deutschland und verzichtet seit 2003 als erste und einzige Tiefkühlmarke in Deutschland in allen Gerichten auf den Zusatz von Farbstoffen, Aromen, Geschmacksverstärkern, Stabilisatoren und Emulgatoren. Die FRoSTA AG beschäftigt 1.372 Mitarbeiter und erzielte 2007 einen Umsatz von 349 Mio. Euro.

Das Produkt

Frisch tiefgefrorene Pasta, zarte Wildlachs-Filetstücke und gelbe Karotten in einer Sahnesauce, verfeinert mit Crème fraîche und Dill.

Was genau wurde bilanziert?

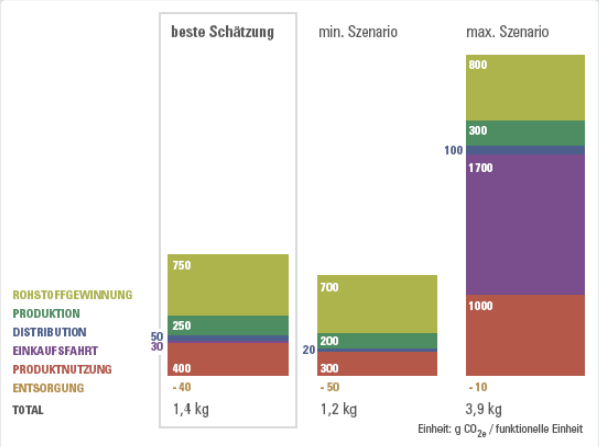
Bilanzgrenzen

Es wurden die Prozessschritte Rohstoffproduktion (Wildlachsfang vor Alaska, Gemüseanbau, Milchprodukterzeugung) und deren Transporte, die Lagerung und Verarbeitung bei FRoSTA, Distribution und Handel sowie die Nutzungsphase (Einkaufsfahrt, Zubereitung, Abwaschen) betrachtet. Für alle Stufen wurde die Abfallentsorgung analysiert.

Funktionelle Einheit

500 g Mahlzeit (Menge der FRoSTA Packungen)

Wie hoch ist der CO_2-Fußabdruck von FRoSTA TAGLIATELLE WILDLACHS ?



ROHSTOFFGEWINNUNG

Wildlachsfang vor Alaska, Gemüse zum überwiegenden Teil aus Deutschland, Kräuter aus FRoSTA eigener Herstellung und Milchprodukte aus Norddeutschland mit Transport zu FRoSTA.

EINKAUFSFAHRT

Der Verbraucher fährt mit einem PKW 5 km zum Einkaufen. Einkaufsmenge: 20 kg.

PRODUKTION

Nudeln: Frischherstellung bei FRoSTA. Die gesägten Lachsstücke und vorgegarte TK-Komponenten werden mit Sauce besprüht und in einen Beutel abgefüllt.

PRODUKTNUTZUNG

Das Produkt wird ca. 30 Tage gelagert und dann zubereitet. Gebrauchtes Geschirr wird in einer Spülmaschine abgewaschen.

DISTRIBUTION

Das fertige Produkt wird bei FRoSTA, beim Zwischenhändler und im Handel gelagert. Dazwischen wird das Produkt transportiert.

ENTSORGUNG

Die Entsorgung gerechnet als Recycling oder Verbrennung nach Daten vom UBA. Hersteller, Handel und Verbraucher sind eingeschlossen.

Wo entstehen die meisten Emissionen?

Die Rohstoffe haben mit fast 52% den höchsten Anteil an der CO_{2e}-Emission des Produktes. Der Beitrag des Verbrauchers liegt bei ca. 29% und der des Verarbeitungsprozesses inkl. der Logistik bei ca. 19%. Die Urproduktion (Landwirtschaft/Fischfang) liefert den größten CO_{2e}-Beitrag bei den Rohstoffen. Bei Milchprodukten macht die Haltung von Rindern mehr als 98% der Emissionen aus. Die Milchprodukte verursachen von allen Zutaten mit Abstand die höchsten CO_{2e}-Emissionen. So sind die Milchbestandteile mit einem Anteil von 14% im Fertiggericht für fast 73% der durch die Rohstoffe hervorgerufenen Emissionen verantwortlich.
Der Einsatz von elektrischen Geräten zuhause ist CO_{2e}-intensiv (Lagern, Zubereitung, Reinigung des Geschirrs).

Welche Ansätze für eine weitere Reduktion der Emissionen wurden identifiziert,

a) im Unternehmen (Ansätze zur Reduktion entlang der Wertschöpfungskette)?

- Optimierung des Kältemanagements im Bereich der Saucenfrostung
- Weitere Wärmerückgewinnung bei der Kälteerzeugung
- Schiene statt LKW
- Optimierung der Rohwarenprozesse

b) beim Verbraucher (Handlungsempfehlungen)?

- Bei Neuanschaffung eines Tiefkühlmöbels unbedingt auf A++ Geräte achten
- Bei der Zubereitung die Pfanne mit einem Deckel abdecken und die Energie am Herd entsprechend niedriger einstellen
- Spülmaschine immer voll beladen laufen lassen
- Einkaufen immer im Zusammenhang mit größeren Besorgungen

Plant FRoSTA weitere Aktivitäten im produktbezogenen Klimaschutz?

Erarbeitung und Umsetzung eines Maßnahmenpaketes mit dem Ziel in den nächsten Jahren eine signifikante CO_{2e}- Reduktion zu erreichen.

Was hat FRoSTA durch die Projektteilnahme gelernt?

- Die Komplexität der Erfassung und der Analyse der Daten ist um ein Vielfaches höher als erwartet.
- Die Anforderungen des FRoSTA Reinheitsgebotes nach weitestgehend naturbelassenen, wenig verarbeiteten Zutaten sind auch aus CO_{2e}-Gesichtspunkten der richtige Weg (z.B. Milch statt Milchpulver, Frische Pasta statt Trockenpasta).
- Wir sehen uns gut gerüstet, um auf Basis unserer Erfahrungen auch Vergleiche mit anderen Herstellungs- und Zubereitungsformen von Lebensmitteln zu ziehen.
  Konkrete Erkenntnisse planen wir bereits im Frühjahr zu veröffentlichen.

> „Positiv überrascht hat uns, dass wir gute Anhaltspunkte dafür sehen, dass unsere Gerichte unter CO_2-Gesichtspunkten den Vergleich zu anderen Angebotsformen und selbstgekochten Gerichten nicht scheuen müssen."

Dr. Andreas Bosselmann, Leiter Forschung & Entwicklung, Tel. +49 471-9736-350 oder Friederike Ahlers, Öffentlichkeitsarbeit, Tel. +49 40-854140-86

Zusammenfassungen der Vorträge

Anpassung an den Klimawandel in der Agrar- und Forstwirtschaft und Fischerei

Forstwirtschaft: Optionen und Grenzen

Andreas Bolte, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Waldökologie und Waldinventuren (vTI-WOI), Eberswalde
Bernd Degen, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Forstgenetik (vTI-FG), Großhansdorf

Forstwirtschaft: Flexibilität als Schlüssel für den langfristigen Erfolg

Thomas Knoke, Technische Universität München, Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung, Freising

Pflanzenbau: Optionen und Grenzen

Detlev Dölger, Hanse Agro Beratung & Entwicklung GmbH

Anpassung durch Pflanzenzüchtung

Peter Wehling, Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftliche Kulturen, Groß Lüsewitz

Tierhaltung: Anpassung an den Klimawandel aus der Sicht der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft

H. Niemann, S. Dänicke, F.J. Conraths, L. Schrader,
Friedrich Löffler-Institut (FLI), Institut für Tierernährung, Braunschweig

Auswirkungen des Klimawandels auf Fischbestände und Erträge in der Nordsee und anderen Schelfgebieten des Nordatlantik

Anne Sell, Gerd Kraus & Matthias Bernreuther
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Seefischerei (vTI-SF), Hamburg

Ökonomie der Anpassung unter Berücksichtigung der Klimaschutzziele und gesellschaftlicher Ansprüche

Folkhard Isermeyer,
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Betriebswirtschaft (vTI-BW), Braunschweig

Anpassung der Wälder an den Klimawandel: Optionen und Grenzen

Andreas Bolte[1], Bernd Degen[2];
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI),
[1]Institut für Waldökologie und Waldinventuren, A.-Möller-Straße 1, 16225 Eberswalde,
andreas.bolte@vti.bund.de;
[2]Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf, bernd.degen@vti.bund.de

Klimawandel und Wald

Wälder sind im Besonderen von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen, da Bäume als langlebige, ortsfeste Organismen sich über 100 Jahre und länger an die sich rapide ändernden Umweltverhältnisse anpassen müssen. Die erwartete Verschärfung von Trockenheit, Hitzeperioden und Sturmgefahren wirkt zusammen mit bekannten oder neuartigen biotischen Schaderregern und weiter bestehenden Einflüssen wie den Einträgen von Stickstoff und Säuren aus der Luft (z. B. Bolte und Ibisch, 2007). Mögliche spontane oder waldbaulich bedingte Änderungen der Waldstrukturen wirken sich auf die vielfältigen Funktionen und Leistungen der Wälder für die Ressourcenbereitstellung, den Landschaftswasserhaushalt, die Vielfalt an Pflanzen und Tieren und die Erholung aus. Die Verletzbarkeit (Vulnerabilität) von Waldökosystemen und deren Funktionen hängt stark von der Region sowie von deren klimatischen sowie standörtlichen Verhältnissen ab (Bolte und Ibisch, 2009). Der Vortrag stellt aus waldbaulicher und forstgenetischer Sicht dar, welche Optionen für die Anpassung der Wälder an den Klimawandel vorliegen.

Strategien der waldbaulichen Anpassung

Waldbewirtschafter können auf unterschiedliche grundsätzliche Strategien der Anpassung der Wälder an den Klimawandel zurückgreifen: **(1) Erhaltung bisheriger Waldstrukturen**, **(2) aktive Anpassungsmaßnahmen** und **(3) passive Anpassungsmaßnahmen** (vgl. Millar et al., 2007). Die **Erhaltung der Waldstrukturen** gegen einen durch Klimawandel erzeugten Druck zur Veränderung der Baumartenzusammensetzung (Sukzessionsdruck) erhöht das Risiko von katastrophalen Ereignissen (Trockenschäden, Windwurf) je nach Ausmaß des lokalen Klima- und Standortwandels. **Aktive Anpassungseingriffe** wie z.B. der Ersatz trockenheitsempfindlicher Bäume durch weniger empfindliche Baumarten oder Herkünfte können das Schadpotenzial der Wälder senken, benötigen aber Informationen zur regionalen und lokalen Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit einheimischer und eingeführter Baumarten und deren Herkünfte an zukünftige Klimabedingungen. Der dritte Weg einer **passiven Anpassung** im Sinne eines bewussten „Sich-selbst-Überlassens“ stellt den risikoärmsten Weg dar; allerdings sind hiermit spezifische forstwirtschaftliche Ziele nicht planbar (Bolte et al., 2009).

Verwendung eingeführter Herkünfte zur Waldanpassung

Die meisten Baumarten haben ein großes Verbreitungsgebiet, das weit über Deutschland hinausgeht. In den Verbreitungsgebieten haben sich Populationen an die unterschiedlichen Standortbedingungen regional und lokal angepasst. Dieses wurde bei der Ausweisung von Herkunftsgebieten für forstliches Vermehrungsgut berücksichtigt. Herkunftsversuche, bei denen

bestimmte Herkünfte unter verschiedenen Umweltbedingungen angebaut werden, geben wichtige Hinweise über die Angepasstheit und die Anpassungsfähigkeit der untersuchten Baumarten. Am Beispiel des Austriebsverhaltens von Buchenherkünften aus Niedersachsen wird gezeigt, wie gut sich die lokale Angepasstheit mit der horizontalen und vertikalen Abgrenzung der Herkunftsgebiete deckt (Liesebach et al., 1999; Liesebach, 2000). In einem zweiten Beispiel werden für die Douglasie, der in Mitteleuropa wichtigsten fremdländischen Baumart, aus Herkunftsversuchen Empfehlungen für die Verwendung von klima-angepasstem Vermehrungsgut dargestellt (Liesebach und Stephan, 1995).

Konzeption einer abgestimmten Waldanpassung

Die Konzeption einer abgestimmten Waldanpassung in Deutschland setzt eine enge Kooperation von Wissenschaft und Praxis auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen voraus. Internationale Aktivitäten zu Forschung und Monitoring von Arten und Herkünften können wichtige Informationen für eine Vorrangplanung zu geeigneten Anpassungsstrategien liefern, die auf regionaler bis nationaler Ebene erfolgen kann. Waldbauliche Versuche und Versuchsanbauten können die Umsetzung der Anpassungsstrategien auf der lokalen Ebene unterstützen.

Literatur

Bolte A, Ibisch PL (2007) Neun Thesen zu Klimawandel, Waldbau und Naturschutz. AFZ-DerWald 62 (11), 572-576.

Bolte A, Ibisch PL (2009) Funktionen des Waldes im Klimawandel – Konfliktfelder und mögliche Lösungen. In: MLUV Brandenburg (Hrsg.) Waldmanagement im Klimastress. Tagungsband der Arbeitstagung am 17. und 18. April 2008 in Eberswalde, 7-14.

Bolte A, Ammer C, Löf M, Nabuurs GJ, Schall P, Spathelf P (2009) Adaptive forest management – a prerequisite of sustainable forestry in the face of climate change. In: Spathelf, P. (ed.): Sustainable forest management in a changing world: European perspective. Springer (in press).

Liesebach M (2000) Genetic value and management of beech in mountainous regions in Germany. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollataja w Krakowie nr 358, Sesja Naukowa Zeszyt 69, S. 79-91.

Liesebach M, Degen B, Scholz F (1999): Zur genetischen Anpassungsfähigkeit der Rotbuche. Berichte über Landwirtschaft 77: 128-133.

Liesebach M, Stephan BR (1995) Growth performance and reaction to biotic and abiotic factors of Douglas fir progenies (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco). Silvae Genetica, Frankfurt a. M., 44 (5-6), S. 303-311.

Millar CI, Stephenson NL, Stephens SL (2007) Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. Ecological Applications 17 (8), 2145-2151.

Forstwirtschaft: Flexibilität als Schlüssel für den langfristigen Erfolg

Thomas Knoke,
Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Technische Universität München,
Am Hochanger 13, 85354 Freising, knoke@forst.wzw.tum.de

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft sind schwer zu fassen

Während ökologische Fragen der Forstwirtschaft unter den sich ändernden Klimabedingungen bereits häufiger diskutiert wurden (z.B. Kölling et al. 2009), wurde noch relativ wenig über ökonomische Konsequenzen des Klimawandels für die Forstwirtschaft geforscht. Aus ersten Simulationsrechnungen[13] lassen sich nur relativ geringe Ertragswertminderungen unter zwei getesteten Klimaszenarien ableiten (Abb. 1). Wird den Risiken der Waldwirtschaft (v.a. Windwurf, Borkenkäfer, Schneebruch) durch verstärkte Nutzung der Waldbestände entgegengewirkt (Abb. 1 links), liegen die Reduktionen des Ertragswertes bei nur 1 bis 1,5 %. Eine Einschlags-Deckelung führt zu etwas stärkeren Auswirkungen der betrachteten Klimaszenarien, mit Ertragswertrückgängen zwischen 3 und 6 %.

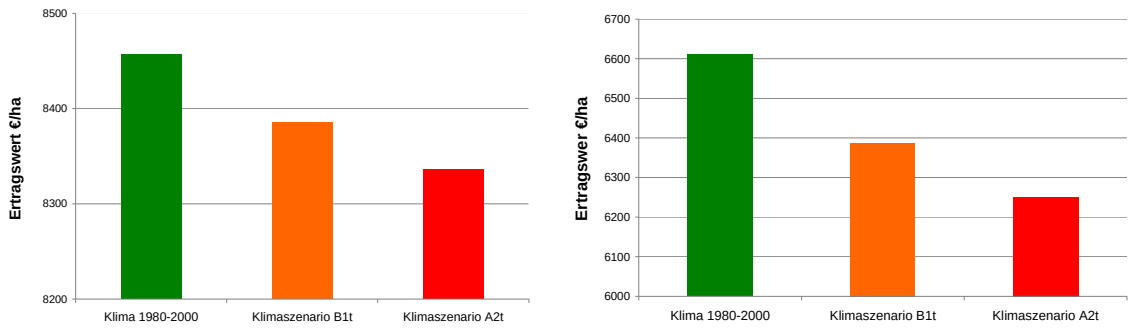


Abbildung 1. Szenarien möglicher Ertragswertminderungen bei verändertem Klima. Links: Verstärkter Holzeinschlag (Ertragswertreduktion 1 bis 1,5 %); rechts: Deckelung des Holzeinschlags auf praxisübliches Niveau (Ertragswertreduktion 3 bis 6 %). Aus: Stang und Knoke (2009)

Mit diesen Analysen decken wir jedoch lediglich 30 Jahre als Planungshorizont ab. Die echten Konsequenzen eines verstärkten Holzeinschlages mit Blick auf langfristige Kontinuität scheinen in dieser Betrachtung kaum auf. Sehr langfristige ökonomische Konsequenzen würden im Übrigen durch die Diskontierung der Finanzflüsse, die bei Ertragswertbetrachtungen üblich ist, an Bedeutung verlieren. Auch steht eine echte Analyse einer für die Baumarten geänderten Schaddisposition bisher aus. Aus der Betrachtung ergibt sich aber, dass ein an sich ändernde Bedingungen anpassbarer Wald und ein flexibler Holzeinschlag dem Betriebsgeschehen Spielraum verleihen können, um negativen ökonomischen Konsequenzen entgegen zu wirken. Es besteht

[13] Die Simulationen wurden im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojektes ENFORCHANGE von mehreren Arbeitsgruppen gemeinsam durchgeführt.

allerdings noch großer Forschungsbedarf, um Nachhaltigkeitsaspekte hierbei noch stärker zu berücksichtigten.

Baumartenwahl, Flexibilität und unvollständige Informationen

Die Baumartenwahl bestimmt die langfristige Struktur, Risikoanfälligkeit und Produktivität der zukünftigen Forstbetriebe. Das Thema „Nachhaltigkeit“ lässt sich daher kaum behandeln, ohne auf diese Problematik einzugehen. Hat ein Forstbetrieb aufgrund stabiler Baumarten die Möglichkeit, Holz nur bei ausreichend hohem Holzpreis einzuschlagen, kann dieses Vorgehen zu erheblichen Steigerungen der Ertragswerte führen (Abb. 2, links). Der flexible Holzeinschlag ist finanziell umso erfolgreicher, je stabiler die Baumart ist, mit der gearbeitet wird.

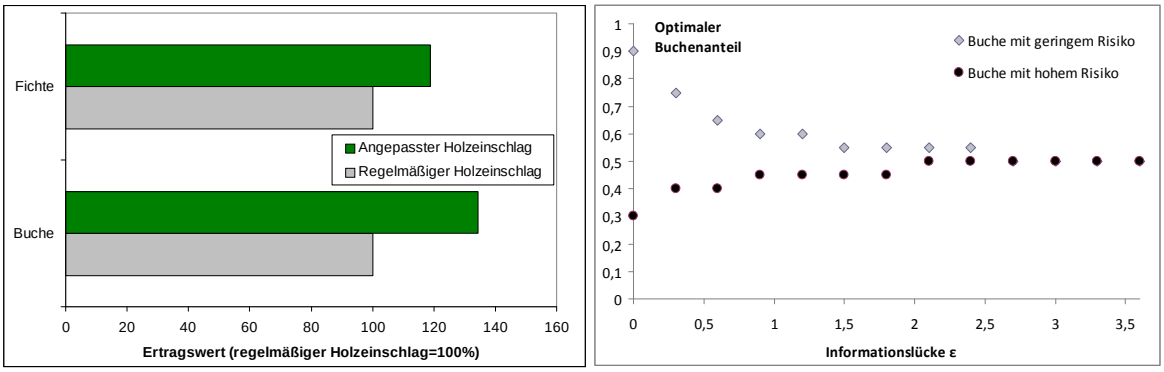


Abbildung 2. Links: Ertragswerterhöhung durch flexiblen, marktangepassten Holzeinschlag (nach Knoke und Wurm 2006). Rechts: Beispiel zur Baumartenwahl bei zunehmender Unsicherheit (nach Hildebrandt und Knoke akzeptiert).

An der modernen Finanztheorie ausgerichtete Portfolio-Optimierungen zur Baumartenwahl bevorzugen meist diejenige Baumart mit den geringsten Risiken (Abb. 2 rechts). Aber auch die Abschätzung des Risikos selbst ist höchst unsicher. Es existieren Informationslücken. Je größer diese Lücken sind, desto mehr tendieren die Optimierungen zu relativ naiven Baumartenmischungen im Sinne von gleichmäßigen Anteilen der Baumarten (Hildebrandt und Knoke akzeptiert).

Fazit: Die Erhöhung der Flexibilität auf Betriebs- und Bestandesebene ist sicherlich eine geeignete Antwort auf die bevorstehenden Änderungen. Es besteht hierzu jedoch noch ein erheblicher Forschungsbedarf, der insbesondere ökonomische Aspekte umfasst.

Literatur

Hildebrandt, P, Knoke, T (akzeptiet) Optimizing the shares of native tree species in forest plantations with biased financial parameters. Ecological Economics, akzeptiert.

Knoke, T, Wurm, J (2006) Mixed forests and a flexible harvest policy: A problem for conventional risk analysis? Eur. J. For. Res. 125: 303-315.

Kölling, C, Knoke, T, Schall, P, Ammer, C (2009) Überlegungen zum Risiko des Fichtenanbaus in Deutschland vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forstarchiv 80: 42-54.

Stang, S, Knoke, T (im Druck) Optimierung der Hiebsatzplanung zur Quantifizierung von finanziellen Ertragseinbußen durch den Klimawandel am Beispiel des Forstbetriebes der Stadt Zittau. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz.

Pflanzenbau: Optionen und Grenzen

Detlev Dölger;
Hanse Agro Beratung & Entwicklung GMBH, Kirchstraße 14, 24214 Gettorf, doelger@hanse-agro.de

Der Klimawandel ist nicht nur Zukunft, sondern hat unser tägliches Leben bereits erreicht. Eigene Auswertungen der Klimadaten für die Jahre 1997-2006 im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990 weisen für verschiedene Standorte Deutschlands eine durchschnittliche Temperaturerhöhung um 0,8-1,1 °C aus. Die Niederschläge haben hingegen auf den meisten Standorten speziell zur Erntezeit im Juli zugenommen, während Klimaforscher langfristig eine Zunahme der Niederschläge im Winter und eine Abnahme im Sommer erwarten. Die Summe der Jahresniederschläge hat sich kaum verändert, die Starkniederschlagsereignisse machen hingegen zu schaffen.

Welche Faktoren erfordern Anpassung?

Somit hat der Pflanzenbauer die Aufgabe einer kontinuierlichen Anpassung seines Handelns an das sich verändernde Klima. Die Auswertung der Besonderen Ernteermittlung (FRIEDT 2009) der letzten 50 Jahre zeigt den kontinuierlichen Anstieg der Getreideerträge in den letzten 50 Jahren. Nimmt man hingegen die letzten 10 Jahre aus dieser Betrachtung raus, ergeben sich mit Ausnahme der Wintergerste für alle anderen Winter- und Sommergetreidearten sinkende Erträge. Diese sind sicherlich auf verschiedene Faktoren zurückzuführen, aufgrund des häufigeren Auftretens von extremen Witterungsereignissen wahrscheinlich auch durch die Klimaveränderung hervorgerufen.

Welche Auswirkungen des Klimawandels sind im Pflanzenbau u.a. zu beachten?

- der Wasserhaushalt am Standort ändert sich. Zukünftig ist noch häufiger mit Starkniederschlagsereignissen zu rechnen. Längere Regen- sowie Trockenphasen sind zu überbrücken
- in der Folge erhöht sich die Gefahr von Erosionen
- es kommt zu unterschiedlichen Ertragsauswirkungen in verschiedenen Regionen
- die Anbauwürdigkeit von Früchten wird sich verschieben
- das Krankheitsauftreten wird sich verändern
- Schädlinge werden bei einer Erwärmung vermehrt auftreten
- die Wirkung von Düngern wird unsicherer bei längeren Trockenperioden

Welche Optionen der Klimaanpassung ergeben sich im Pflanzenbau?

Die Anpassung an den Wasserhaushalt am Standort sowie an Extremtemperaturen steht im Vordergrund. Einige Standorte bekommen höhere Niederschlagsmengen (z.B. Teile des Mittelgebirges), andere extremere Trockenperioden. Die Abführung überschüssiger Niederschlagsmengen spielt eine wichtige Rolle. Bereits heute sind an einigen Standorten Drainagesysteme überfordert. Das Speichervermögen der Böden für Wasser kann durch Humusaufbau und Anpassung der Bodenbearbeitungssysteme verbessert werden. Die konservierende Bodenbearbeitung oder gar Direktsaat ist weiterzuentwickeln. Hier greifen auch die Fruchtfolge bzw. die Verschiebung der Anbauwürdigkeit von Früchten am Standort ein. Je weiter

die Fruchtfolge, desto mehr Möglichkeiten zur Anpassung der Bodenbearbeitungsstrategien sind vorhanden. Während einige Standorte in der Anbauwürdigkeit von Früchten gewinnen, läßt diese an anderen Standorten nach (WECHSUNG et al. 2008).

Die Fruchtfolge scheint aus heutiger Sicht das größte Dilemma. Hier liegt ein Schlüssel für Anpassungsstrategien. Andererseits gibt weltweit der Markt weitgehend die Anbauwürdigkeit von Früchten vor. Liegt hier ein Feld für die Politik?

Züchter sind gefragt, streßtolerante Sorten anzubieten. Dabei wird durch die Prüfung an Extremstandorten selektiert. Ein Szenario zur Züchtung von Sorten für das Klima in 10-20 Jahren ist kaum aufzubauen. Zunehmend wird auf eine gute ökologische Streubreite oder alternativ auf spezielle Eigenschaften von Sorten Wert gelegt. Dabei ist sowohl in den Sorteneigenschaften wie im Anbau eine Anpassung an ein sich veränderndes Krankheitsspektrum wie Schädlingsauftreten von Bedeutung.

Weitere Anpassungsmöglichkeiten liegen für den Landwirt in einer veränderten Bestandesführung. Winterungen können etwas später ausgesät werden, Sommerungen etwas früher. Die Gesamternährung der Pflanzen, u.a. mit P und K, wird in der Bedeutung vor allem auf länger trocken fallenden Standorten zunehmen. Die N-Düngung muß in der Effizienz verbessert werden. Dazu gehört neben der Entstehung klimaschädlicher Gase bei Produktion und Anwendung ein hoher Ausnutzungsgrad. Dieser ist in den letzten Jahren zunehmend gefährdet gewesen, da langanhaltende Trockenperioden bereits ab Ende März auch in Mitteleuropa von Bedeutung waren. Düngerformen (u.a. stabilisierte Dünger) wie vor allem Ausbringungszeitpunkte stehen im Vordergrund. Die Politik begrenzt dort einige Möglichkeiten durch starre Zeitfenster auf sehr verschiedenen Standorten.

Weitere Punkte wie der Einsatz von Beregnung, Precision Farming, die Nutzung von Prognosemodellen für Krankheits- und Schädlingsauftreten, die Tauglichkeit der Wettervorhersage etc. sind in die Betrachtungen einzubeziehen. Grundsätzlich werden die Anpassungen kontinuierlich erfolgen können, da der Klimawandel uns nicht über Nacht ereilt!

Literatur

Dölger, D, Heubach, M (2007): So können Sie reagieren. DLG Mitteilungen 9-2007, pp. 13-17.

Dölger, D (2008): Wie muß der Pflanzenbau auf den Klimawandel reagieren? RKL-Schriften 2008, Broschüre.

Friedt, W (2009): Beiträge der Pflanzenzüchtung zur strategischen Anpassung des Pflanzenbaues an den Klimawandel, die Ernährungssicherung und die Bioenergieerzeugung. Fachtagung „Acker- und Pflanzenbau – Zukunft und Grundlage der Wertschöpfung in der Landwirtschaft“, Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest. http://www3.fh-swf.de/fbaw/download/T_02.03.09_Soest_19_Friedt.pdf

Wechsung F, Gerstengarbe F-W, Lasch P, Lüttger A (Hrsg, 2008): Die Ertragsfähigkeit ostdeutscher Ackerflächen unter Klimawandel. Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung, Studie 2008.

Anpassung an den Klimawandel durch Pflanzenzüchtung

Peter Wehling, Bernd Hackauf, Margret Scholz, Brigitte Ruge-Wehling, Steffen Roux
Julius Kühn-Institut, Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen
Rudolf-Schick-Platz 3a, 18190 Groß Lüsewitz, peter.wehling@jki.bund.de

Im Hinblick auf den Klimawandel kann die Kernaufgabe der Pflanzenzüchtung mit der "Bereitstellung ertragsstabiler Sorten zur Erweiterung pflanzenbaulicher Optionen" (W. Friedt, pers. Mitt.) umschrieben werden. Zur Bewältigung dieser Aufgabe stehen der Pflanzenzüchtung und Züchtungsforschung heute eine Reihe von Instrumenten und Ressourcen zur Verfügung. Die wichtigste Ressource sind die pflanzengenetischen Ressourcen, die, zusammen mit verwandten Wildarten (*crop wild relatives*), als potenzielle Quellen wertvoller Merkmalsgen-Varianten dienen und somit Schlüsselfunktion für eine nachhaltige Landbewirtschaftung haben. Ressourcen anderer Art stellen die Genomdaten sequenzierter Pflanzengenome dar, die auf Grund evolutionärer Verwandtschaft als Modellgenome für unsere Kulturpflanzen dienen und mittels molekularer Marker die gezielte Suche nach verwandten (orthologen) Merkmalsgenen im Genom einer gegebenen Kulturart ermöglichen können. Die züchterische Anpassung unserer Kulturpflanzen an den Klimawandel muss parallel durch verschiedene Anpassungsstrategien erfolgen:

1. Toleranz gegenüber abiotischem Stress (v.a. Trockenheit, Hitze, Nässe, Kühle, Salz)
2. Escape-Strategien zur Umgehung von Stressoren (z.B. Züchtung von Winterformen, Blühzeitverfrühung zur Vermeidung von Stress in besonders empfindlichen Stadien)
3. Resistenz gegen Schaderreger und Schädlinge, die vom Klimawandel profitieren
4. Hohes genetisches Ertragspotenzial, um stressbedingte Ertragsverluste abzupuffern
5. Agronomische Anpassung "neuer" Kulturarten für neue Anbausysteme

Einige dieser Strategien werden anhand eigener Forschungsaktivitäten dargestellt.

Identifizierung von Genomregionen und Genen für Trockentoleranz bei Roggen

Roggen zeigt als Fremdbefruchter eine ausgeprägte Heterosis (Leistungszuwachs von Hybriden gegenüber der mittleren Leistung ihrer genetisch verschiedenen, homozygoten Eltern), die besonders hoch unter Stressbedingungen ist. Roggen ist einerseits trockentoleranter als Weizen; andererseits ist er vom Klimawandel besonders betroffen, weil er bevorzugt auf leichteren, zur Trockenheit neigenden Standorten angebaut wird. Roggen dient als Genressource in der Züchtung von Weizen und Triticale. Eine agronomisch schwerwiegende Folge von Trockenstress zur Zeit der Blütenbildung ist die Herabsetzung der Fertilität (Kornzahl/Ähre). In verschiedenen Gräsern (Reis, Weizen, Mais) wurden Gene identifiziert, die an der Einlagerung von Stärke in generative Gewebe (Pollen, Ovarien) beteiligt sind und deren stress-spezifische Herabregulierung mit reduzierter Fertilität korreliert ist. Über den Ansatz der vergleichenden Genomanalyse zwischen dem Roggengenom und dem Modellgenom von Reis machen wir uns diese Ergebnisse aus der Grundlagenforschung zunutze, indem wir die orthologen Vertreter der jeweiligen Gene im Roggengenom identifizieren und anschließend überprüfen, ob an den betreffenden Genorten QTL (quantitative trait loci) für die Trockenstress-Toleranz des Roggens lokalisiert sind. Das Ziel ist es,

auf diese Weise molekulare Selektionsmarker für Trockentoleranz im Roggengenom zu finden und züchterisch gezielt nutzbar zu machen.

Erschließung eines neuen Gens für Resistenz gegen die Gelbverzwergung bei Gerste

Die zunehmend milden Winter in Deutschland begünstigen v.a. virenübertragende Blattlausarten wie jene, die das Gelbverzwergungsvirus (BYDV) bei Getreidearten übertragen. Zum Beispiel lagen die Temperaturen im Januar und Februar 2007 in einigen Regionen Deutschlands 5 °C über dem langjährigen Mittel und sorgten dafür, dass Getreideblattläuse auch Ende Februar noch aktiv waren und das Virus in den Beständen verbreiteten. Die Folgen waren erhebliche Ertragseinbrüche, die z.T. 20-30 dt/ha betrugen oder zum Totalverlust führten, wo keine rechtzeitige Insektizidanwendung erfolgte. Im deutschen Gerstensortiment gibt es derzeit keine Resistenz gegen BYDV; der Gerstenabau ist somit latent gefährdet. Wir nahmen dies zum Anlass, den sekundären Genpool der Gerste, der von der Wildart *Hordeum bulbosum* gebildet wird, als Genressource zu nutzen und durch weite Kreuzungen sowie mit Hilfe molekularer Marker ein neues BYDV-Resistenzgen, $Ryd4^{Hb}$, in die Kulturgerste (*H. vulgare*) einzuführen. Dieses Gen bedingt eine vollständige Resistenz gegen verschiedene Viren des BYDV-Komplexes.

Agronomische Anpassung "neuer" Kulturarten für neue Anbausysteme

Sorghum und Roggen haben beide eine hohe Wassereffizienz. Roggen weist unter den kleinkörnigen Getreidearten die schnellste Jugendentwicklung auf, was ihn als Zweitfrucht in Anbausystemen prädestiniert. Wir untersuchten die Eigenschaften des Anbausystems "Sorghum + Roggen" im Hinblick auf sein Biomasseertragspotenzial. Unter erheblichem Trockenstress erbrachten einige Sorghum-Hybriden innerhalb einer Vegetationsdauer von nur 106 Tagen bis zu 146 dt/ha Gesamttrockenmasse (GTM). In einem Versuch über 6 Umwelten mit 81 Roggenherkünften und 49 ihrer Testkreuzungsnachkommen unter Einbeziehung von Populations- und Hybridsorten, Grünschnitt- und Tetraroggen, Zuchtmaterial und Genbankherkünften zeigte insbesondere Grünschnittroggen hohe GTM-Erträge bis zu 161 dt/ha bei Schnitt zu den Stadien 'Ährenschieben' (Anfang Mai) bzw. 'Milchreife' (Mitte Juni). Der Heterosiszuwachs war zum Teil beträchtlich und erreichte für die Schnitte 1 und 2 Maximalwerte von 38,3 % bzw. 34,4 %. Die genetische Variabilität für das Merkmal GTM war im untersuchten Material sehr hoch. Insgesamt zeigen die Untersuchungen, dass die Züchtung von Sorghum und Roggen als stresstolerante, starkwüchsige Biomassepflanzen für eine Verwendung in speziellen Anbausystemen eine erfolgversprechende Strategie zur Anpassung an den Klimawandel bietet.

Tierzucht und Tierhaltung: Anpassung an den Klimawandel aus der Sicht der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft

H. Niemann[1], S. Dänicke[2], F.J. Conraths[3], L. Schrader[4],
[1]Institut für Nutztiergenetik, Friedrich Loeffler Institut (FLI), Mariensee,
[2]Institut für Tierernährung (FLI), Braunschweig;
[3]Institut für Epidemiologie (FLI), Wusterhausen;
[4]Institut für Tierschutz und Tierhaltung (FLI), Celle

Züchterische Aspekte

Haltung und Zucht landwirtschaftlicher Nutztiere haben eine lange Tradition. Die bisherige züchterische Arbeit mit dem Einsatz biotechnologischer Verfahren, wie künstlicher Besamung, Embryotransfer, etc. hat zu den bekannten beachtlichen Leistungssteigerungen bei unseren Nutztieren geführt. Drei Aspekte sind jedoch zu berücksichtigen, die angesichts des globalen Bevölkerungswachstums, der Ernährungslage und den voraus gesagten Klimaveränderungen als Nachteil anzusehen sind:

1. Der genetische Fortschritt ist mit 1-3% pro Jahr relativ langsam.
2. Es ist nicht möglich, gewünschte genetisch bedingte Eigenschaften von unerwünschten Merkmalen zu trennen.
3. Ein gezielter Transfer genetischer Informationen zwischen verschiedenen Spezies ist nicht möglich.

Mit den in der Entwicklung begriffenen neuen bio- und gentechnologischen Verfahren lassen sich diese Begrenzungen der züchterischen Arbeit überwinden. Wesentlich dafür sind die wachsenden genomischen Kenntnisse und neue Verfahren zur gezielten Übertragung genetischer Information bei den landwirtschaftlichen Nutztieren. Die Genome von Rind, Geflügel, Pferd, Hund und Biene sind bereits vollständig sequenziert worden. Insbesondere durch die Entwicklung pluripotenter Stammzellen und das somatische Klonen kann die Generierung transgener Nutztiere erheblich effizienter gestaltet und zudem deutlich beschleunigt werden. Durch die neuen züchterischen Möglichkeiten können landwirtschaftliche Nutztiere mit einem genetischen Potential gezüchtet werden, das sie in die Lage versetzt, sich besser an die geänderten Klimaverhältnisse anzupassen, bzw. weniger Klima relevante Emissionen abzugeben. Ein viel versprechendes Beispiel sind transgene Schweine mit Expression des Phytase-Gens mit der Folge einer signifikanten Reduktion in der Phosphatausscheidung verbunden mit erheblichen Umweltentlastungen.

Diese neuen, verbesserten Möglichkeiten der transgenen Technologien werden in Verbindung mit den rasch wachsenden Erkenntnissen aus der Genomanalytik und verbesserten Genkarten für Nutztiere in den nächsten Jahren zur Entwicklung weiterer attraktiver Anwendungsmodelle für genetisch veränderte Tiere im landwirtschaftlichen Sektor führen. Über hochempfindliche Arraytechnologieverfahren (cDNA-, Peptid- oder Protein-Arrays), mit denen sich „Fingerprintprofile“ auf der mRNA- oder Proteinebene erstellen lassen, kann gewährleistet werden, dass die Produkte von transgenen Tieren für die Verbraucher sicher sind. Der Einsatz ausgereifter bio- und gentechnologischer Verfahren in der züchterischen Praxis kann ein wichtiges Hilfsmittel sein, um zu einer diversifizierten und zielgenauen Produktion zu gelangen und eine damit

effizientere Ressourcennutzung zu erreichen, so dass zukünftigen Herausforderungen an die Nutztierhaltung wirkungsvoller begegnet werden kann.

Tierhaltung

Auf die sich verändernden Klimabedingungen können sich Nutztiere durch physiologische, ethologische und morphologische Veränderungen anpassen. Bedeutsam für die Anpassungsfähigkeit ist insbesondere die Interaktion zwischen Außentemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit, die als Temperatur-Luftfeuchtigkeitsindex (THI) ausgedrückt werden kann. Weiterhin spielen Windgeschwindigkeit, Niederschlag, Sonneneinstrahlung und Luftdruck eine wichtige Rolle für die Thermoregulation. Innerhalb der so genannten thermoneutralen Zone bleibt die Körpertemperatur bei homöothermen Tieren ohne Anpassungsreaktionen konstant. Bei zu hohen Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten sind haltungstechnische Maßnahmen notwendig, um die negativen Effekte dieser Klimabedingungen zu verringern. Hierzu gehören gezielte Luftführung in den Tierbereich (freie Luftführung und/oder Ventilatoren), Sprinkleranlagen, Wärme ableitende Flächen im Ruhebereich der Tiere sowie das Angebot von Schatten (insbesondere bei Weide- oder Auslaufhaltung). Auch eine Herabsetzung der Besatzdichten kann notwendig werden, um eine bessere Luftzirkulation um die Tierkörper herum (z.B. in der Mastgeflügelhaltung) zu ermöglichen und dem verändertem Ruheverhalten (z.B. vermehrtes Liegen in Seitenlage bei Schweinen) Rechnung zu tragen. Da auch bei einer Klimaerwärmung mit großen Temperaturunterschieden zwischen den Jahreszeiten zu rechnen ist, sind gut strukturierte Haltungen mit verschiedenen Funktionsbereichen vorteilhaft, die den Tieren die Wahl zwischen Mikroklimabereichen ermöglichen. Diese Haltungssysteme können auch mit Außenbereichen kombiniert werden (z.B. Ausläufe, Laufhöfe, Kaltscharraum), die den Tieren Kontakt zum Außenklima ermöglichen.

Tierernährung

Tierische Leistung in Form von Milch, Fleisch und Eiern ist stets mit Wärmeproduktion durch das Tier verbunden. Da die Wärmeproduktion das Resultat der Energie- und Nährstoffzufuhr über das Futter darstellt, ist die Regulation der Futteraufnahme eine wichtige Stellgröße zur Reduktion der Wärmebelastung der Tiere. Um die Reduktion im Futterverzehr und die damit einhergehenden Leistungseinbußen möglichst gering zu halten, gilt es nun, die mit den Nährstoffumsetzungen verbundene Wärmeproduktion zu reduzieren.

Eine Möglichkeit besteht in der Erhöhung der Energiekonzentration des Futters, die in der Regel mit einem höheren Anteil leicht verdaulicher Kohlenhydrate und einem verminderten Anteil an Rohfaser verbunden ist. Insbesondere beim Wiederkäuer, der aus verdauungsphysiologischen Gründen auf einen Mindestanteil an strukturwirksamer Rohfaser angewiesen ist, kann eine Reduktion des Rohfaseranteils bis zu dieser physiologischen Grenze zu einer Reduktion der Wärmeproduktion führen. Eine weitere Möglichkeit, die stoffwechselbedingte Wärmeproduktion zu reduzieren, besteht in der Verwendung von Futterfetten, die sich zudem durch ein geringeres Wärmeinkrement auszeichnen. Auch beim Futterfetteinsatz sind physiologische Grenzen zu berücksichtigen.

Auch die Eiweißversorgung muss den veränderten Bedingungen angepasst werden. Einerseits muss dem bei höheren Umgebungstemperaturen sich nicht vollständig vermeidbaren Rückgang der Futteraufnahme und damit der Eiweißaufnahme durch eine höhere Eiweißkonzentration im Futter

entgegengewirkt werden, aber andererseits darf keine Überversorgung an Eiweiß auftreten, da dieser Überschuss im Stoffwechsel energieaufwändig in Harnstoff umgewandelt werden muss, was letztlich wieder mit der Generierung zusätzlicher Wärme verbunden ist.
Neben den aufgezeigten Möglichkeiten, über die Rationsgestaltung einen Einfluss auf die Futter-bedingte Wärmebildung auszuüben, stehen bestimmte Optionen der Fütterungstechnik zur Verfügung. So kann sich ein verringertes Futterangebot während heißer Tagesphasen bei erhöhtem Angebot während der kühleren Abend- und Nachtstunden einerseits positiv auf die Aufrechterhaltung der Futteraufnahme auswirken und anderseits dazu beitragen, die fütterungsbedingte Wärmebildung auf Tageszeiten zu verschieben, zu denen die Wärmeabgabe durch die verringerten Umgebungstemperaturen für das Tier erleichtert wird.

Klimaveränderungen und Tierseuchen

Durch die Globalisierung des Handels und durch einen Personenverkehr, der es gestattet, weit auseinander liegende Teile der Erde innerhalb kurzer Zeit aufzusuchen, steigt die Gefahr der Verschleppung von Tierseuchen über die Grenzen von Staaten und Kontinenten. Im Zusammenhang mit dem globalisierten Personenverkehr muss vor allem die unerlaubte Einfuhr von Lebensmitteln erwähnt werden, die mit Tierseuchenerregern kontaminiert sein können. Bei Reiseverkehrskontrollen in Hessen fand man bei Flugreisenden aus Ländern, in denen hoch pathogenes aviäres Influenzavirus des Subtyps H5N1 vorkam, in bis zu 80% der kontrollierten Gepäckstücke Lebensmittel tierischer Herkunft. Dabei wurden bis zu 60 kg unerlaubt eingeführter Lebensmittel pro Passagier gefunden. Neben dem Handel mit Tieren und Produkten tierischer Herkunft ist die Einschleppung von Tierseuchen über unbelebte Vektoren (z.B. Fahrzeuge) in Betracht zu ziehen.
Vor allem die Verbreitung von Tierseuchen über belebte Vektoren rückte in den letzten Jahren in den Mittelpunkt des Interesses. Dabei sind in erheblichem Maße unbeabsichtigte Nebenfolgen menschlichen Handelns von Bedeutung. So brachten bestimmte Bewässerungsprojekte in Afrika nicht nur neue Weidegründe für Rinder, sondern auch erhöhte Viehdichten und neue Brutstätten für Mücken, die das Rifttal-Fieber übertrugen. Ähnlich stark breiteten sich andere Vektor-übertragene Krankheiten wie die Japanische Enzephalitis und das West-Nil-Fieber aus, die im Jahre 2008 erstmals in Österreich nachgewiesen wurde.
Klimaveränderungen können sich insbesondere auf die Ausbreitung Vektor-übertragener Krankheiten auswirken. Das erstmalige Auftreten der Blauzungenkrankheit in Belgien, Deutschland, Luxemburg, Nordfrankreich und den Niederlanden im Jahre 2006 und ihre anschließende Verbreitung durch einheimische Gnitzenarten zeigte einerseits, dass es nicht bei allen Vektor-übertragenen Tierseuchen auf eine Ausweitung des Verbreitungsgebietes der herkömmlichen Vektoren ankommt, und andererseits, dass extreme klimatische Bedingungen, wie sie im Sommer und Herbst 2006 in West- und Mitteleuropa herrschten, zur Ausbreitung Vektor-übertragener Tierseuchen beitragen können.
Für Deutschland stellen sich vor dem Hintergrund eines steigenden Risikos der Einschleppung exotischer Tierseuchen die kritische Überprüfung der vorbeugenden Maßnahmen, die verstärkte Nutzung wissenschaftlicher Risikobewertungen und eine Intensivierung der Zusammenarbeit auf supranationaler Ebene zur Verhinderung der Einschleppung von Tierseuchen als Handlungsfelder dar.

Auswirkungen des Klimawandels auf Fischbestände und Erträge in der Nordsee und anderen Schelfgebieten des Nordatlantik

Anne Sell, Gerd Kraus & Matthias Bernreuther
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Seefischerei (vTI-SF), Palmaille 9, 22767 Hamburg
anne.sell@vti.bund.de

Klimawandel in Nordsee und Nordatlantik

Der Wandel des globalen Klimas innerhalb des letzten Jahrhunderts ist dokumentiert und in seinen Folgen analysiert worden (IPCC, 2007; Rosenzweig et al., 2008).

In den letzten 20 Jahren sind die mittleren Temperaturen des Nordseewassers signifikant gestiegen. Die Wintertemperaturen in der nördlichen Nordsee haben sich um mehr als 1°C erhöht, die der Deutschen Bucht und an der holländischen Küste um bis zu 2-3°C (ICES, 2008). Während desselben Zeitraums ist das Klima von Nordostatlantiks und Nordsee durch einen positiven „NAO“ -Wert geprägt. Diese nordatlantische Oszillation entsteht durch die Luftdruckunterschiede zwischen Azorenhoch und Islandtief; ihre Phasen erstrecken sich über Dekaden. Der derzeit vorherrschende positive NAO Index verstärkt den Einstrom wärmerer atlantischer Wassermassen in die Nordsee.

Dieser Temperaturanstieg ist weniger für das reine Überleben der meisten der hier vorkommenden Fische relevant. Er beeinflusst jedoch etliche Prozesse in der Physiologie und Ökologie der Nordseefische und hat damit messbare ökologische und ökonomische Konsequenzen.

Wichtige temperaturabhängige Prozesse

Temperaturbedingte Änderungen physiologischer Raten betreffen einzelne Fischarten unterschiedlich und werden hier an Beispielen veranschaulicht:

Aerobe Kapazität: Bestimmte Fischarten verlieren mit zunehmender Erwärmung „Aerobe Kapazität“, d.h. ihr Stoffwechsel wird weniger anpassungsfähig an extreme Situationen, die verstärkten Sauerstoffbedarf erfordern (Pörtner & Knust, 2007).

Wachstumsraten: Für diverse Fischarten nimmt die Entwicklungszeit der Eier mit steigender Temperatur ab – was schnelle Populationswachstumsraten begünstigen würde – aber gleichzeitig steigt die Mortalität der Eier (Bunn et al. 2000). Individuelle Wachstumsraten des Kabeljau haben ein Temperaturoptimum bei 8-9 °C, weil hier die Nahrungskonversion energetisch am günstigsten ist (Björnsson et al., 2001). Auch für die Populationswachstumsraten des Kabeljau konnten Planque & Frédou (1999) demonstrieren, dass seine Rekrutierung mit der Oberflächentemperatur (SST) zusammenhängt – allerdings in verschiedenen Meereregionen unterschiedlich: Mit einer positiven Beziehung bei „Kaltwasser-Beständen“ (<6°C Bodenwassertemperatur; z.B. in der Barentssee), mit einer negativen Beziehung bei „Warmwasser-Beständen (≥ 9°C).

Klimabedingte ökologische Veränderungen

Im Zuge der Klimaveränderung hat in der Nordsee die Abundanz von Fischarten des lusitanischen Formenkreises zugenommen, die für südlichere Meere typisch sind (Ehrich & Stransky, 2001; Ehrich et al., 2007). Insbesondere im Einflussbereich der Wassermassen des Ärmelkanals kommen Arten wie Kuckucksknurrhahn (*Aspitrigla cuculus*), Sardine (*Sardina pilchardus*), Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) und Streifenbarbe (*Mullus surmuletus*) inzwischen regelmäßig in den Bodenfisch-Surveys vor. Auf letztere gibt es bereits eine gezielte Fischerei. Die Klimaänderung

geht hier regional sogar mit einer Erhöhung der Artenzahl einher, die ökologischen Folgen der Einwanderung südlicher Arten sind aber noch unbekannt.

Konsequenzen durch die Entkopplung ökologischer Prozesse

Für die erfolgreiche Rekrutierung junger Kabejaus ist die Synchronisation mit dem Zooplankton entscheidend. Das wichtigste Beutetier war lange der ernährungsphysiologisch wertvolle Copepode *Calanus finmarchicus*. Dieser wird aber in der südlichen Nordsee inzwischen (unterstützt durch die Einstromsituation) durch die wärmeliebende, qualitativ schlechtere Art *C. helgolandicus* dominiert, die zudem nun zeitversetzt mit dem Hauptbedarf der Larven in maximaler Abundanz auftritt (Beaugrand et al., 2003; Bonnet et al., 2005). Die hat die Aufwuchsbedingungen für Kabeljaularven signifikant gemindert.

Einfluss auf Bestände und Erträge

Verschiedene Wissenschaftler postulieren eine klimabedingte Verschiebung des Verbreitungsgebietes wichtiger Nutzfischbestände in Richtung der Pole (z.B. Perry et al., 2005): Als Konsequenzen für Bestände sind folgende Hypothesen aufgestellt worden: In der Nordsee wird die Produktivität der borealen Arten wird abnehmen, während südliche Arten in der Abundanz zunehmen. Gleichzeitig kann in der Barentssee die Produktivität der Bestände zunehmen und ihr Verbreitungsgebiet sich nach Norden und Osten ausweiten.

Der Nordseekabeljau steht unter Druck, einerseits durch die zu starke Befischung in den letzten Jahrzehnten und andererseits durch den Klimawandel (O'Brien et al., 2000; Beaugrand et al., 2003). Szenarien der Bestandsentwicklung des Kabeljau (Drinkwater, 2005) geben abschließend einen Ausblick auf potentielle Langzeitwirkungen des Klimawandels auf einen der wichtigsten Nutzfische des Nordostatlantiks.

Literatur

Beaugrand G, Brander KM, Lindley JL, Souissi S, Reid PC (2003) Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. Nature. Vol. 426, pp. 661-664.

Björnsson B, Steinarsson A, Oddgeirsson M (2001) Effects of size on optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.). ICES J. Mar. Sci. Vol. 58, pp. 29–38.

Bonnet D, Richardson A, Harris R, Hirst A, Beaugrand G, Edwards M, Ceballos S, Diekman R, Lopez-Urrutia A, Valdes L, Carlotti F, Molinero JC, Weikert H, Greve W, Lucic D, Albaina A, Daly Yahai N, Fonda Umani S, Miranda A, dos Santos A, Cook K, Robinson S, Fernandez de Puelles ML (2005) An overview of *Calanus helgolandicus* ecology in European waters. Progress in Oceanography. Vol. 65, 1, pp. 1-53.

Bunn NA, Fox CJ, Webb T (2000) A literature review of studies on fish egg mortality: implications for the estimation of spawning stock biomass by the annual egg production methods. Sci. Ser., Tech. Rep., CEFAS, Lowestoft. Vol. 111, 37 pp.

Drinkwater KF (2005) The response of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to future climate change. ICES J. Mar. Sci. Vol. 62, pp. 1327-1337.

Ehrich S, Adlerstein S, Brockmann U, Floeter J, Garthe S, Hinz H, Kröncke I, Neumann H, Reiss H, Sell AF, Stein M, Stelzenmüller V, Stransky C, Temming A, Wegner G, Zauke G-P (2007) 20 years of the German Small-Scale Bottom Trawl Survey (GSBTS): A review. Senckenbergiana maritima. Vol. 37, 1, pp. 13-82.

Ehrich S, Stransky C (2001) Spatial and temporal changes in the southern species component of North Sea bottom fish assemblages. - In: I Kröncke, M Türkay, J Sündermann (Hrsg.) Burning issues of North Sea ecology. Senckenbergiana maritima. Proceedings of the 14th international Senckenberg Conference North Sea 2000, pp. 143-150.

ICES (2008) Report of the Working Group on Fish Ecology (WGFE), 3-7 March 2008, ICES, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2008/LRC:04, 119 pp.

IPPC (2007) Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof, PJ van der Linden, CE Hanson (Hrsg.). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

O'Brien CM, Fox CJ, Planque B, Casey J (2000) Climate variability and North Sea cod. Nature. Vol 404, p. 142.

Perry AL, Low PJ, Ellis JR, Reynolds JD (2005) Climate Change and Distribution Shifts in Marine Fishes. Science. Vol. 308, pp. 1912-1915.

Planque B, Frédou T (1999) Temperature and the recruitment of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 56, pp. 2069–2077.

Pörtner HO, Knust R. (2007) Climate Change Affects Marine Fishes Through the Oxygen Limitation of Thermal Tolerance. Science. Vol. 315, 5808, pp. 95 – 97.

Rosenzweig C, Karoly D, Vicarelli M, Neofotis P, Wu Q, Casassa G, Menzel A (2008) Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. Nature. Vol. 453, pp. 353–357.

Ökonomie der Anpassung unter Berücksichtigung der Klimaschutzziele und gesellschaftlicher Ansprüche

Prof. Dr. Folkhard Isermeyer
Institut für Betriebswirtschaft, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,
folkhard.isermeyer@vti.bund.de

In diesem Beitrag wird aus ökonomischer Perspektive analysiert, (a) wie der Beitrag des Agrarsektors zur Begrenzung des Klimawandels optimiert werden kann und (b) wie sich der Agrarsektor optimal an den zu erwartenden Klimawandel anpassen kann. Bei dieser Analyse stehen ökonomische Grundsatzfragen im Mittelpunkt, und der Fokus richtet sich vorwiegend auf die Landwirtschaft. Belastbare Nutzen-Kosten-Rechnungen zu einzelnen Handlungsoptionen liegen derzeit nur in Ausnahmefällen vor, und eine Quantifizierung über das gesamte Agrarspektrum hinweg (incl. Forst/Holz und Fischerei) steht noch aus.

(1) Beitrag des Agrarsektors zur Begrenzung des Klimawandels

Das Erdklima ist ein öffentliches Gut, das die Marktwirtschaft nicht von selbst hervorbringt. Staatliches Handeln ist hier unabdingbar. Die Herausforderung besteht darin, aus der großen Vielfalt der politischen Handlungsoptionen jene auszuwählen, die Klimaschutz zu den geringsten Kosten ermöglichen. Je stärker der Staat von dieser Maxime abweicht, desto weniger Klimaschutz wird er erreichen können.

Aus diesem Grund ist der Ansatz der internationalen Klimaschutzpolitik, die Treibhausgas-Emissionen mit Hilfe handelbarer Emissionslizenzen zu steuern, grundsätzlich vernünftig. Der Ansatz ist jedoch nur für industrielle Groß-Emittenten praktikabel; auf den Agrarsektor lässt er sich nicht ohne weiteres übertragen, da bei agrarischen Produktionssystemen eine exakte, justitiable Messung der Emissionen zumeist nicht möglich ist. Deshalb müssen für den Agrarsektor Ersatzpolitiken gefunden werden.

Solche sektoralen Klimaschutzmaßnahmen sollten möglichst im internationalen Gleichschritt implementiert werden. Andernfalls kann die internationale Arbeitsteilung im Agrarsektor dazu führen, dass die emissionsintensiven Produktionszweige in jene Länder abwandern, in denen die Emissionen nicht sanktioniert werden. Das führt im Endeffekt zum „Export“, aber nicht zur Verringerung der Emissionen.

Eine vergleichende Beurteilung der Eignung verschiedener Klimaschutzoptionen ist bisher erst in Ansätzen erfolgt. Aus diesen noch unvollständigen Beurteilungsgrundlagen lassen sich erste, vorläufige Empfehlungen für besonders erfolgversprechende Klimaschutzmaßnahmen im Agrarbereich ableiten: Keine weitere Verringerung von Grünlandflächen, Neuanlage von Forstflächen oder Energieholzplantagen an dafür geeigneten Standorten, verstärkte Holznutzung, besseres Wirtschaftsdüngermanagement (u. a. umfassende Nährstoffbuchhaltung, Verwertung von Gülle in Biogasanlagen), bessere Verbraucheraufklärung (besser mit „Faustregeln“ als mit Footprint-Labels), verstärkter Mitteleinsatz für die Entwicklung weltweiter Klimaschutzstrategien.

(2) Anpassung des Agrarsektors an den zu erwartenden Klimawandel

Die Anpassungsmöglichkeiten der Landwirtschaft sind (auch im Vergleich zu Forstwirtschaft und Fischerei) vielfältig. Angesichts dieser großen Vielfalt von Handlungsoptionen und der ebenfalls großen Vielfalt der Standortbedingungen ist es sinnvoll, die Entscheidung über die jeweils zu treffenden Maßnahmen grundsätzlich den Privathaushalten und Unternehmen zu überlassen. Zu diesem marktwirtschaftlichen Anpassungskonzept gibt es keine erfolgversprechende Alternative.

In diesem Konzept fallen aber auch dem Staat wichtige Verantwortungsbereiche zu. So sollte z. B. die öffentlich finanzierte Forschung möglichst verlässliche Vorhersagen über den künftigen Wandel erarbeiten, damit die Wirtschaftsakteure ein Höchstmaß an Planungssicherheit erhalten. Dabei geht es nicht nur um eine möglichst genaue Vorhersage des Klimawandels, sondern auch um eine Einschätzung der wirtschaftlichen Folgen. Diese mittelbaren Folgen können für Deutschland stärker ausfallen als die unmittelbaren Folgen des Klimawandels, und sie können andersartige Anpassungsmaßnahmen erfordern.

Da die Privatwirtschaft möglicherweise erst sehr spät auf den Klimawandel reagiert, kann der Staat auch gezielte Anreize für frühzeitiges Reagieren geben. Auf diese Weise schafft er Vorbilder, an denen sich später die große Masse der Unternehmen bzw. Privathaushalte orientieren kann. Ein drittes Aufgabenfeld ist der vorbeugende Ressourcenschutz. Da zu erwarten ist, dass der Klimawandel die natürlichen Ressourcen unter zusätzlichen Anpassungsstress setzen wird, ist es sinnvoll, die Pufferkapazität dieser Ressourcen bestmöglich aufzubauen. Das betrifft z. B. die Schonung der Fischbestände in Nord- und Ostsee, aber auch die Schaffung eines umfassenden Biotopverbundsystems.

Ein möglicherweise kontroverses Diskussionsfeld öffnet sich beim Thema „Infrastruktur-Großprojekte“. Wenn der Klimawandel, wie allgemein erwartet wird, in Europa zu einer starken Ungleichverteilung der Niederschläge führen wird (im Norden z. T. starke Zunahme, vor allem bei Winter-Niederschlägen, im Süden dagegen starke Abnahme), könnten staatliche Großprojekte zur Wasserspeicherung und zum interregionalen Wassertransport ökonomisch sinnvoll werden. Dem steht jedoch die grundlegende Skepsis bezüglich aller „großtechnischen Lösungen“ entgegen, die sich in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten breitgemacht hat. Weniger umstritten dürften staatliche Aktivitäten zur Verbesserung der Katastrophen-Vorsorge (z. B. Waldbrand-Abwehr) und der Katastrophenhilfe (z. B. Ausgleichsfonds für Dürre- und Flutschäden) sein.

Literatur

Die Bundesregierung: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, vom Bundeskabinett am 17.12.2008 beschlossen.

Isermeyer F, Otte A, Christen O, Dabbert S, Frohberg K, Grabski-Kieron U, Hartung J, Heißenhuber A, Hess J, Kirschke D, Schmitz PM, Spiller A, Sundrum A, Thoroe C (2008) Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung - Empfehlungen an die Politik. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, Berichte über Landwirtschaft: N.F.; SH 216

Osterburg B, Nieberg H, Rüter S, Isermeyer F (2008) Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors. Studie des vTI im Auftrag des BMELV.

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2009) Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel. Dresden.

Ott H E, Richter C (2008) Anpassung an den Klimawandel – Risiken und Chancen für deutsche Unternehmen. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal Papers Nr. 171

Posterindex nach Themenblöcken

Themenblock 1: Forstwirtschaft: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel

Moderation: Andreas Bolte, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) – Institut für Waldökologie und Waldinventuren (WOI)

Nummer	Titel und Autoren	Seite
1-1	Inventurstudie 2008 - Ein Beitrag zur Klimaberichterstattung *von Katja Oehmichen et al.*	63
1-2	Kohlenstoffquelle Wald? *von Anne le Mellec et al.*	64
1-3	Nachhaltige Entwicklung von Waldlandschaften im Nordostdeutschen Tiefland – Konsequenzen für die C-Sequestrierung *von Hubert Jochheim, Martina Puhlmann*	66
1-4	Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten *von Ingolf Profft et al.*	67
1-5	Nachhaltige Zukunftsmärkte für stoffliche Holznutzung *von Justus von Geibler*	68
1-6	Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt und die Wasserqualität in Rheinland-Pfalz *von Tilmann Sauer et al.*	69
1-7	Veränderung Forstlicher Standorte in NRW unter veränderten Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen *von Rainer Schulz, Norbert Asche*	70
1-8	Auswirkungen des Klimawandels auf immergrüne Bäume in Deutschland: Ökophysiologische Anpassungen der Stechpalme *Ilex aquifolium* L. *von Maik Veste, Wolf-Ulrich Kriebitzsch*	71
1-9	Wachstum und Reaktionen auf biotische Faktoren bei Herkünften der Douglasie in Nordwestdeutschland *von Mirko Liesebach*	72
1-10	Klima-Wachstums-Beziehungen bei verschiedenen Herkünften der Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) *von Volker Schneck et al.*	73
1-11	Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit von Provenienzen der Rot-Buche an Klimabedingungen *von Wolf-Ulrich Kriebitzsch et al.*	74
1-12	Grenzen der Trockenheitsanpassung von Waldbäumen – ein Modellansatz im Rahmen des DSS-WuK (BMBF - klimazwei) *von Tomasz Czajkowski et al.*	75
1-13	Synergie durch Vernetzung und Kooperation *von Gerhard Enders*	76
1-14	Beispiele transregionaler interdisziplinärer Klimaforschung *von Gerhard Enders*	77
1-15	Nachhaltige Bewirtschaftung von Eichen-Kiefern-Mischbeständen im subkontinentalen nordostdeutschen Tiefland (OakChain) *von Jens Schröder et al.*	78
1-16	Weihenstephaner Erklärung zu Wald und Forstwirtschaft im Klimawandel *von Gerhard Enders*	79
1-17	KLIFF Forschungsthema FT 5: Forstwirtschaft & Waldlandschaft *von KLIFF - Koordination FT 5*	80

Nummer	Titel und Autoren	Seite
1-18	Das europäische ForeStClim-Projekt *von Thomas Caspari, Gebhard Schüler*	81
1-19	Klimaplastische Wälder im Nordostdeutschen Tiefland – Kernaussagen des BMBF-Verbundes „NEWAL-NET“ *von Hans-Peter Ende et al.*	82
1-20	Adapatives Waldmanagement in Brandenburg – Optionen für die Bewirtschaftung resilienter Wälder im Klimawandel *von Martin Guericke, Peter Spathelf*	83
1-21	Forest Adaptation and Restoration in NE Germany -FARSeeING- *von Tobias Scharnweber et al.*	84
1-22	Anpassung der Forstlichen Klimagliederung Sachsens an den Klimawandel *von Rainer Gemballa*	85
1-23	Anpassung der Thüringer Baumartenempfehlungen an den Klimawandel *von Nico Frischbier, Ingolf Profft*	86
1-24	Planungshilfen für den klimagerechten Waldumbau in Bayern *von Wolfgang Falk, Christian Kölling*	87
1-25	Mit dem Dreifach-Filter zur passenden Gastbaumart *von Martin Bachmann et al.*	88
1-26	Bewertung naturaler Risiken der forstlichen Produktion und mögliche Anpassungsstrategien *von Kai Staupendahl, Bernhard Möhring*	90
1-27	Wissenstransfer in die Forstwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel *von Sabine Storch et al.*	91
1-28	Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels aus der Sicht des Naturschutzes *von Albert Reif et al.*	92
1-29	Forest policy instruments adapting to climate change in Korea *von Mi Sun Park, Yeo-Chang Youn*	93

1-1

Inventurstudie 2008 - Ein Beitrag zur Klimaberichterstattung

Katja Oehmichen, Wolfgang Stümer, Frank Schwitzgebel, Karsten Dunger;
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei,
Institut für Waldökologie und Waldinventuren, 16225 Eberswalde, katja.oehmichen@vti.bund.de

Eine wesentliche Grundlage der Treibhausgasberichterstattung deutscher Wälder bilden die Waldinventuren. Für die Erfassung des Kohlenstoffvorrates der oberirdischen und unterirdischen lebenden Biomasse und des Totholzes wurde die Inventurstudie 2008 durchgeführt. Mit dieser Inventur ist die Biomasse in den Wäldern nach einem leicht modifizierten Verfahren der Bundeswaldinventur (BWI) zu Beginn der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls ermittelt worden (siehe Abbildung 1). Auf einem 8 km x 8 km-Netz wurden zwischen Juli 2008 und März 2009 insgesamt 2360 Waldtrakte von 15 Inventurtrupps aufgesucht. An den rund 6700 begehbaren Waldtraktecken erfolgte die nach bestehender BWI-Methode vorgeschriebene Aufnahme der Bestandesparameter. Im April dieses Jahres wurden mit der Datenaufbereitung und Hochrechnung verschiedener Zielgrößen begonnen. Über die Einbindung von Biomaseexpansionsfaktoren wird aus dem Holzvolumen der aktuell vorhandene Kohlenstoffvorrat im Wald berechnet. Basierend auf den Erhebungen der sich bereits in der Planung befinden BWI3 im Zeitraum 2011-2012 und der Inventurstudie soll die Veränderung des „Kohlenstoffspeichers Wald“ in der ersten Verpflichtungsperiode analysiert werden.

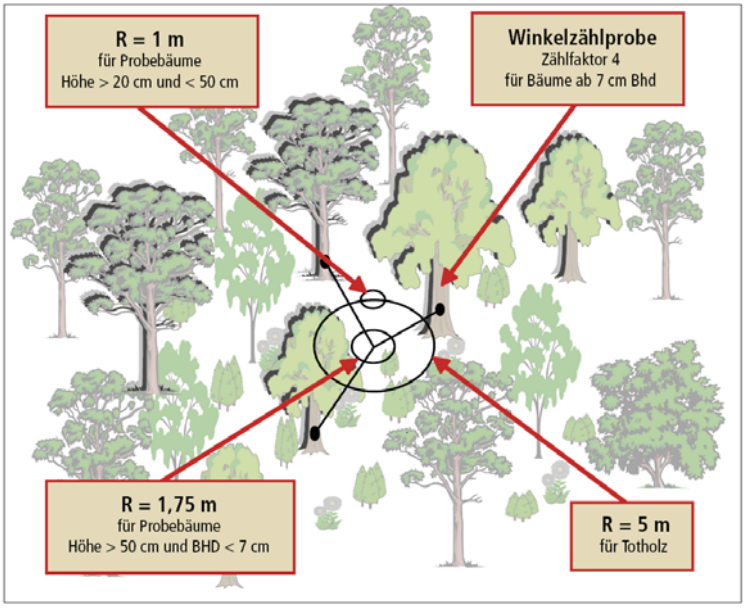


Abbildung 1: Erhebungsschema der Inventurstudie 2008 an der Traktecke

1-2
Kohlenstoffquelle Wald?

Anne le Mellec*, Katrin Möller, Andreas Roloff, Ralf Kätzel, Hermann Jungkunst, Stefan Erasmi, Holger Vogt-Altena, Andrzje Mazur, Annett Reinhardt, Gerhard Gerold, Jerzy Karg, Jolanta Slowik, Achim Dohrenbusch, Zdzislaw Bernacki, Carsten Thies, Ignacy Korzynski und Heinz Rennenberg

*Biodiversität und Klima Forschungszentrum (Bik-F), Georg-Voigt-Str. 16, Senckenberganlage 25, 60325 Frankfurt/Main, amellec@gwdg.de

Im Kyoto-Protokoll, das am 16.2.2005 in Kraft getreten ist, verpflichtet sich Europa bis 2010 die Treibhausgas- (CO_2)- Emissionen gegenüber dem Referenzwert von 1990 um 8% zu vermindern. Deutschland hat sich aufgrund EU-interner Umverteilungen verpflichtet, die Emissionen von 1990 bis zur ersten Verpflichtungsperiode (2008- 2012) um 21% zu reduzieren. Werkzeuge im Rahmen des Kyoto- Protokolls umfassen den Emissionshandel, der auch Gutschriften für Kohlenstoffsenken vorsieht, den Clean Development Mechanism (CDM) und Maßnahmen zu Erhöhung natürlicher C-Senken (Valentini et al., 2000).

Im Hinblick auf die Waldbewirtschaftung stehen folgende Instrumente zur Stärkung des C-Senkenpotenzials (und damit zum Aufbau von Biomasse) zur Verfügung: (Wieder)-Aufforstung, Baumartenwahl und Verlängerung der Umtriebszeit, Erhöhung der Waldstabilität und die Unterschutzstellung von Wäldern (Kriebitzsch, 2005). Prozesse, die zu CO_2-Verlusten aus dem System führen oder die Verweilzeiten des Kohlenstoffs im System vermindern, umfassen biologisch (zumeist temperaturabhängige) gesteuerte Prozesse wie die Mineralisierung von organischer Substanz (heterotrophe Atmung) sowie die Mobilisierung und nachfolgenden Austrag gelöster C-Verbindungen mit dem Sickerwasser. Abiotische Prozesse wie Waldbrand- oder Windwurfereignisse werden ebenfalls im Ansatz der Nettobiom-Produktivität mit berücksichtigt.

Bislang wenig untersucht jedoch sind die Effekte biotischer Störungsereignisse wie die der Massenvermehrung von Insekten auf den C-Kreislauf und die Stabilität von Waldökosystemen. Im Zuge der prognostizierten klimatisch veränderten Umweltbedingungen ist davon auszugehen, dass zum einem das Stresspotenzial für Wälder zunehmen wird, zum anderen die Entwicklung einiger Schadinsekten gefördert wird und in der Folge vermehrt mit einem massenhaftem Auftreten von Schadinsekten zu rechnen ist (Dale et al. 2000; Flaig et al., 2003; Hare, 2003). Diese Effekte auf den C-Kreislauf sind auf ökosystemarer Ebene bislang weder durch Stoffffluss- noch durch C-Vorratsbilanzierungen quantifiziert worden, ebenso wenig Auswirkungen auf andere daran gekoppelte biogeochemische Kreisläufe wie der des Stickstoffs, der in mitteleuropäischen Waldökosystemen eine große Rolle spielt. Aus kurzfristiger Sicht, führen Massenvermehrungen von Insekten zu Wachstumsdepressionen, teilweise sogar zu flächenhaften Totalausfällen, was dramatische ökonomische Verluste mit sich bringt. Damit einher ergibt sich nicht nur eine oberirdische Reduktion bezüglich der Kohlenstofffixierung. Durch den erhöhten Eintrag an organischem Material, werden Abbauvorgänge im Boden vermutlich beschleunigt (le Mellec und Michalzik, 2008; Ritchie et al., 1998) mit der Konsequenz, dass neben einer oberirdischen reduzierten C Fixierung über die Beständen es zu einem unterirdisch gesteigerten Austrag an C und N, z.B. in Form von CO_2 und N_2O, kommt. Vor dem Hintergrund zukünftiger zunehmender Massenvermehrungen, könnten sich langfristig gesehen, Veränderungen innerhalb waldökosystemarer Funktionen ergeben. In diesem Zusammenhang könnten Waldbestände der nördlichen Hemisphäre in ihrer Funktion als Kohlenstoffsenken limitiert werden und sich im Extremfall zu Kohlenstoffquellen wandeln. Diesem Sachverhalt wird innerhalb einer interdisziplinären und internationalen Forschergruppe nachgegangen.

Literatur

Dale, V.H., Joyce, A. L., McNulty, S., Neilson, R.P. (2001): The interplay between climate change, forests, and disturbances (2000). The Science of the Total Environment 262. 210-204.

Flaig, H., Aretz, A., Elsner, D., Weimer-Jehle, W. (2003): Klimaentwicklung und Wald – ein Beitrag zum Waldprogramm Baden-Württemberg 2003. Arbeitsbericht Nr. 247, Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart.

Hare, W. (2003): Assessment of knowledge on impacts of Climate Change – Contribution to the Specification of Art. 2 of the UNFCCC. Externe Expertise für das WBGU-Sondergutachten "Welt im Wandel: Über Kioto hinausdenken. Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert", Berlin.

Kriebitzsch, W.-U. (2005): Waldökosysteme als Quellen und Senken für CO2: Prozesse und Bilanzierung. In: Weigel, H.-J. & Dämmgen, U. (Hrsg.): Biologische Senken für atmosphärischen Kohlenstoff in Deutschland - Tagungsband. Landbauforschung Volkenrode 280, 15-26.

le Mellec A, Michalzik B. (2008): Impact of a pine lappet (*Dendrolimus pini*) mass outbreak on C and N fluxes to the forest floor and soil microbial properties in a Scots pine forest in Germany - CJFR, 38: 1829-1849.

Ritchie, M.E., Tilman, D., Knops, J.M.H., (1998): Herbivore effects on plant and nitrogen dynamics in oak savanna. Ecology 79, 165–177.

Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A. J., Schulze, E.-D., et al. (2000): Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. Nature, 404, 861-865.

1-3
Nachhaltige Entwicklung von Waldlandschaften im Nordostdeutschen Tiefland – Konsequenzen für die C-Sequestrierung

Hubert Jochheim, Martina Puhlmann
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. , Institut für Landschaftssystemanalyse, Eberswalder Str. 84, 16225 Müncheberg, hubert.jochheim@zalf.de

Im Verbundprojekt NEWAL-NET wurde ein flächenkonkretes Leitbild nachhaltiger Waldentwicklung in einer Modellregion des nordostdeutschen Tieflandes erarbeitet, das vorrangig auf die Förderung funktioneller Diversität in Form eines „klimaplastischen" Laubmischwaldtyps abzielt. Aufgabe des hier vorgestellten Teilprojektes war es, die Folgen der Umsetzung dieses Leitbildes für die C-Sequestrierung der Waldstandorte abzuschätzen.

Zur Abbildung der zukünftigen Klimaentwicklung wurden die mit dem REMO-Modell regionalisierten Klimadaten der IPCC-SRES-Emissionsszenarien A1B und B1 verwendet. Ausgehend vom aktuellen Datenspeicher Wald wurden von M. Jenssen (Waldkundeinstitut Eberswalde) zwei verschiedene Waldbauszenarien in 20-Jahresscheiben bis zum Jahre 2100 entwickelt. Das Szenario „business as usual" steht dabei für eine Fortschreibung des Datenspeichers Wald unter Erhalt der bestehenden Baumartenverteilung und Berücksichtigung der üblichen Umtriebszeiten. Das Szenario „klimaplastisch optimiert" stellt ein Waldbauszenario dar, das auf eine an die standörtlichen Bedingungen (Klima, Nährkraft, Feuchte) angepasste Baumartenzusammensetzung artenreicher Laubmischwälder zielt.

Für die modellgestützte Analyse wurde eine im ZALF weiterentwickelte Version des Modells BIOME-BGC verwendet, die nun die Simulation forstlicher Managementmaßnahmen erlaubt und stärker baumarten- und standortsspezifisch reagiert.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die Kohlenstoff-Vorräte der Wälder bis Mitte des Jahrhunderts noch deutlich ansteigen, danach aber wieder absinken. Im zeitlichen Verlauf bis 2100 steigen sowohl die Primärproduktion, die Pflanzenrespiration und heterotrophe Respiration, als auch die Nettoökosystemproduktion (NEP) an. In der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts wird der Holzexport aufgrund der linksschiefen Altersverteilung stark ansteigen. Die Nettobiomeproduktivität (NBP) schwächt sich ab 2060 stark ab.

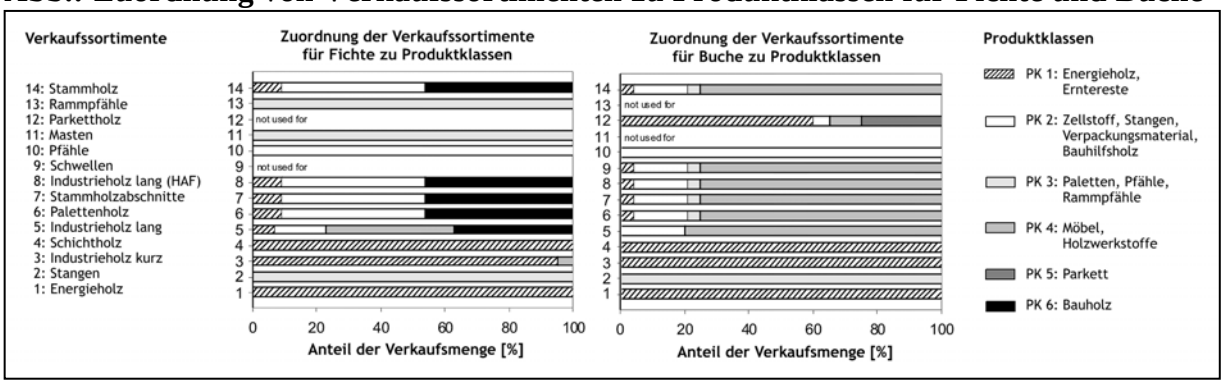
Die Umwandlung der dominierenden Nadelwälder in klimaplastische Laubmischwälder kann den Holzzuwachs und die C-Vorräte steigern. Die Nettobiomeproduktivität (NBP) wird zunächst positiv beeinflusst, fällt später aber gegen Ende des Simulationszeitraums unter die des „business as usual"-Szenarios zurück.

1-4
Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten

Ingolf Profft; Martina Mund; Nico Frischbier
Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei, Jägerstr. 1, 99867 Gotha,
Ingolf.Profft@forst.thueringen.de

Nach den der gegenwärtigen Regularien für die Berichtspflichten zu den nationalen Treibhausgasinventaren wird jegliche Holznutzung einer Freisetzung an CO_2 gleichgesetzt; dies gilt prinzipiell und unabhängig von der anschließenden Holzverwendung. Überlegungen, auch die Holzprodukte als weiteren C-Pool in die Berichtspflichten aufzunehmen, erfordert die Differenzierung der Holznutzung entsprechend ihrer Verwendungsdauer, um auf diese Weise langfristige Senken-/Quelleneffekte quantifizieren zu können. Darüber hinaus gilt es, die waldbaulichen Möglichkeiten zur Steuerung der Holzverwendung mit dem Ziel der Optimierung der Senkenleistung zu analysieren.
Für die Erfassung der Holzprodukte als C-Pool ist deren Verwendung zu berücksichtigen. Hierzu können Sortimentstabellen oder direkte Verkaufsanalysen kombiniert mit verwendungsbasierten Produktgruppen unter Berücksichtigung von Prozessverlusten dienen:

Abb.: Zuordnung von Verkaufssortimenten zu Produktklassen für Fichte und Buche



Tab.: Bilanzierung des C-Pools ‚Holzprodukte' nach Produktklassen

BA-Gruppe	Produkte gesamt	PK 1 (1 J.)	PK 2 (3 J.)	PK 3 (11 J.)	PK 4 (25 J.)	PK 5 (43 J.)	PK 6 (50 J.)	gewichtete MRT
		tC ha^{-1} $Jahr^{-1}$ (% je BA-Gruppe)						(Jahre)
BU	1.44 (100%)	0.17 (12)	0.24 (17)	0.01 (1)	0.99 (69)	0.03 (2)	0.00 (0)	**18.7**
EI	0.79 (100%)	0.19 (24)	0.01 (1)	0.03 (4)	0.52 (66)	0.04 (5)	0.00 (0)	**19.5**
FI	0.96 (100%)	0.08 (8)	0.51 (53)	0.00 (<1)	0.01 (1)	0.00 (0)	0.36 (37)	**20.7**
KI	0.85 (100%)	0.07 (8)	0.27 (31)	0.00 (<1)	0.25 (29)	0.00 (0)	0.27 (32)	**24.2**
Mittel	1.06 (100%)	0.10 (10)	0.38 (36)	0.01 (<1)	0.33 (31)	0.01 (1)	0.24 (22)	**20.4**

Literatur

Profft I, Mund M, Weber G-E, Weller E, Schulze E-D (in press) Forest management and carbon sequestration in wood products. European Journal of Forest Research.

1-5
Nachhaltige Zukunftsmärkte für stoffliche Holznutzung

Dipl. Forstw., MSc. Justus von Geibler
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie, Döppersberg 19, 42103 Wuppertal, justus.geibler@wupperinst.org

Im Kontext des Klimawandels sehen sich Forst- und Holzwirtschaft großen Herausforderungen gegenüber. Um das Rohstoffpotential unserer Wälder und die Kohlenstoffspeicherfunktion der Holzprodukte möglichst vielfältig und zielgerichtet zu nutzen, müssen Zukunftsmärkte im Bereich der stofflichen Nutzung erschlossen werden. Der Bausektor ist traditionell und aktuell ein bedeutsamer Holzabsatzmarkt. Es gilt, den Baustoff Holz in Alt- und Neubau attraktiver zu machen und nachhaltiger zu nutzen.

Vor diesem Hintergrund ist die Leitfrage des Verbundprojektes „Holzwende 2020plus“, wie durch Akteurskooperationen, -netzwerke und innovative Formen der Kundenintegration neue Märkte und Geschäftsfelder im Cluster Forst-Holz-Bauen erschlossen werden können (vgl. Kristof und Geibler, 2008). Das Projekt setzt folgende Schwerpunkte: (1) Erarbeitung von Strategien und Konzepten, mit denen die verschiedenen Perspektiven der Holz- und Waldwirtschaft verknüpft und bewertet werden können, (2) Praxisprojekte zur Bearbeitung von Schlüsselfeldern für eine nachfrageorientierte Entwicklung des Baustoffes Holz (Regionale Marktentwicklung zum Neubau mit Holz, Netzwerke zur Altbauerneuerung mit Holz, Materialallianzen für Zukunftsmärkte, Virtueller Mittelstand) und (3) Transfer der Ergebnisse an Akteure aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft, Ausbildung/Lehre und Multiplikatoren, Konzeption einer Umsetzungskampagne und Erstellung von Qualifizierungsmaßnahmen.

Forschungspartner im „Holzwende 2020plus“-Projekt sind das Wuppertal Institut (Verbundkoordination), das Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT), die Holzforschung München (TU München), das Steinbeis-Forschungsinstitut Nachwachsende Rohstoffe und triple innova. Praxispartner sind die Lais Holzbau GmbH, der Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung, die Tecnaro GmbH und das Centrum für Energietechnologie Brandenburg. Gefördert ist das Projekt im Rahmen des Förderschwerpunktes „Nachhaltige Waldwirtschaft“ durch das BMBF. Weitere Informationen und Ergebnisse: www.holzwende2020.de.

Literatur

Kristof K, Geibler J v., (eds) (2008): Zukunftsmärkte für das Bauen mit Holz. DRW - Verlag Weinbrenner; Leinfelden-Echterdingen.

1-6
Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt und die Wasserqualität in Rheinland-Pfalz

Tilmann Sauer, Gayane Grigoryan, Ana Vasconcelos
FAWF Rheinland-Pfalz, Hauptstr. 16, 67705 Trippstadt. tilmann.sauer@wald-rlp.de

Das Projekt "Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz" (KlimLandRP) hat zum Ziel die Auswirkungen und Folgen des Klimawandels auf die Umwelt und die Landnutzung in Rheinland-Pfalz umfassend in fünf Modulen (Boden, Wasser, Landwirtschaft, Wald, Biodiversität) wissenschaftlich zu untersuchen, um entsprechende Anpassungsstrategien zu entwickeln. Dabei werden die vielfältigen Wirkungen des Klimawandels auf die Umweltressourcen und die Landnutzung bis zum Jahr 2050/2100 interdisziplinär und ressortübergreifend analysiert. Eine zentrale Rolle bei den Untersuchungen nimmt der Wasserhaushalt ein. In der ersten Projektphase hat das Modul Boden auf Basis der nutzbaren Feldkapazität – abgeleitet aus der Bodenübersichtskate 1:200.000 – in Kombination mit verschiedenen Klimaprojektionen Regionen in Rheinland-Pfalz ausgewiesen, die im Bezug auf den Wasserspeicher kritisch bewertet werden müssen. In einem zweiten Schritt hat das Modul Wasser das Bilanzmodell STOFFBILANZ parametrisiert, um eine erste landesweite Übersicht zum Wasserhaushalt und zum Nitrat-, Phosphat- und Sedimenteintrag in die Gewässer zu erstellen. Auf der Basis aktueller Messdaten können Regionen identifiziert werden, welche in Hinblick auf ihren Wasserhaushalt und auf die Wasserqualität bereits heute kritisch sind. Anhand von unterschiedlichen Landschafts- und Klimaszenarien kann dann in einem zweiten Schritt eine Bandbreite an Reaktionen für die Zukunft abgeschätzt werden. Des Weiteren wird in Zusammenarbeit mit dem Modul Wald ein Ansatz entwickelt, der es erlaubt den Einfluss des Klimas bei der Bestimmung der Wasserhaushaltsstufe in der forstlichen Standortkartierung direkt zu integrieren. Hierfür wird zunächst der Zusammenhang zwischen der Wüchsigkeit und den Klimaparametern Temperatur und Niederschlag modellbasiert untersucht. Dazu sind prozessorientierte Modellansätze notwendig, weshalb hier Standortsimulationen mit WaSiM-ETH durchgeführt werden. Das Modell wird für einen Standardbestand (zunächst 100-jährige Buche) parametrisiert, wobei die Exposition und die Bodenart variiert werden. Als Klima-Antrieb dienen die Messwerte der DWD-Stationen (Referenzperiode) und die entsprechenden Klimaprojektionen bis zum Jahr 2100, so dass eine große Reaktionsbandbreite analysiert werden kann. Die Plausibilität der Ergebnisse kann anhand von Messdaten der forstlichen Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz überprüft werden. Aus den berechneten Wasserhaushaltsgrößen werden Indices zur Quantifizierung der Wüchsigkeit abgeleitet und mit Klimaparametern korreliert. Die um Klimaparameter erweiterte Matrix zur Bestimmung der Wasserhaushaltsstufe findet dann in Zukunft bei der forstlichen Standortkartierung und damit der Forsteinrichtung Anwendung.

1-7
Veränderung Forstlicher Standorte in NRW unter veränderten Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen

Rainer Schulz und Norbert Asche
Abt. Ökoinformatik, Uni Göttingen, Büsgenweg 4, 37073 Göttingen, rschulz@gwdg.de

Anhand eines Beispielgebietes aus dem Wuchsgebiet „Sauerland“ im Bundesland Nordrhein–Westfalen werden Aspekte der dortigen „Forstlichen Standortklassifikation mit digitalen Werkzeugen“ vorgestellt. Sie wurde in den letzten Jahren durch den Landesbetrieb Wald & Holz NRW gefördert und an der Universität Göttingen, Abt. Ökoinformatik, Biometrie und Waldwachstum, bearbeitet.

Die Standortklassifikation arbeitet mit forststandörtlich relevanten, numerischen Daten der Standortkomponenten Klima und Boden auf 10x10m-Zellenbasis. Aus dem Bereich Klima werden u.a. die reale Vegetationszeit (VZr), die Niederschläge in dieser realen Vegetationszeit und die geländeklimatisch modifizierten Niederschläge in der VZr einbezogen. Geländeklimatische Modifikation des eigentlichen Niederschlags wird z.B. durch einen Einstrahlungsindex und eine Windindex erzeugt. Im Bereich der Bodendaten spielt die nutzbare Wasserspeicherkapazität (nWSK) die größte Rolle; sie wird aus Bodenkarten für Standorte, die nicht grundwassergeprägt sind, hergeleitet.

Durch den Ansatz, metrische und im Raum kontinuierlich variierende Werte flächenhaft auf Rasterbasis zu erzeugen und diese Werte in einer umfassenden Wasserhaushalts-Klassifikation zu integrieren, kann eine angenommene Klima-Dynamik in den Wasserhaushaltsklassen abgebildet werden.

Das Poster zeigt Waldflächen von einer Größe von einigen Tausend ha im Sauerland,

zum einen eine Wasserhaushaltsklassifikation, die sich auf Klimawerte der Normalperiode 1961-1990 bezieht (Variante V0) und

zum anderen eine Wasserhaushaltsklassifikation, die sich auf veränderte Klimawerte gegenüber der Normalperiode bezieht: Temperatur in Monaten der VZ +1° und Niederschlag in Monaten der VZ -10% (Variante V3).

Des weiteren wird gezeigt, welche Flächen für die Baumart Fichte bei Variante V0 und V3 voll standortgerecht, bedingt standortgerecht und weniger standortgerecht sind. Es wird deutlich, dass bei V3 gegenüber V0 tendenziell trockenere Flächen in einem nennenswerten Umfang zunehmen und demnach der Gunstraum für die Fichte nennenswert abnimmt. Derartiges und weiteres Datenmaterial liegt für das Bergland von NRW, also für ca. 630.000 ha, vor und kann von Waldbesitzern angefordert werden.

1-8

Auswirkungen des Klimawandels auf immergrüne Bäume in Deutschland: Ökophysiologische Anpassungen der Stechpalme *Ilex aquifolium* L.

Maik Veste [1], Wolf-Ulrich Kriebitzsch
[1] BTU Cottbus, Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und Bergbaulandschaften, 03046 Cottbus

Die Erwärmung der Erdatmosphäre der vergangenen Jahrzehnte zu einer Verschiebung der Klimazonen und als deren Folge zu signifikanten Veränderung der Verbreitungsareale von Pflanzenarten. Insbesondere immergrüne Arten werden durch den Anstieg der winterlichen Temperaturen begünstigt. So breiten sich in den Wäldern bereits die Stechpalme (*Ilex aquifolium)*, aber auch Neophyten wie die Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*) und vereinzelt auch die Lobeerkirsche (*Prunus lauroceratus)* aus. Mittelfristig könnten diese Arten, wie auch andere neophytische Gehölze, sich verstärkt im Unterwuchs etablieren und die natürliche Verjüngung der Wälder beeinträchtigen. Die Stechpalme gehört zu den wenigen heimischen immergrünen Laubbaumarten in Mitteleuropa, deren nördliche und östliche Verbreitungsgrenze eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit dem Verlauf der 0°C-Januar-Isotherme hat (Iversen, 1944). Der Anstieg der winterlichen Temperaturen infolge der Klimaerwärmung führte in den letzten Jahrzehnten zu einer Erweiterung des Verbreitungsgebietes weiter nach Norden und Osten (Berger, 2003). Die höheren Temperaturen wird es den immergrünen Gehölzen zunehmend ermöglichen, auch im Winter und Frühjahr photosynthetisch aktiv zu sein. Sie bekommen so gegenüber den laufwerfenden Bäumen einen ökologischen Vorteil während dieser Jahreszeiten.

Mit Hilfe der der Chlorophyllfluoreszenz-Technik wurde *in situ* die Photosyntheseleistung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur untersucht. Vergleichende Messungen im monatlichen Abstand bei 18^0C von November 2008 bis Mai 2009 an Pflanzen, die im Gewächshaus bzw. im Freiland kultiviert wurden, zeigen zwar eine Reduktion der Elektronentransportrate um 50% bei winterlichen Minima bis unter -10^OC. Die Erholung der Photosyntheseleistung ist aber offenbar abhängig von der Höhe der Temperaturminima und der Frostdauer. So konnte während des milden Winters 2006/07 die hohe Flexibilität der Photosynthese von *Ilex aquifolium* belegt werden. Bei minimalen Temperaturen von -1.5°C bis -2°C sank zwar die maximale mögliche Photosyntheseleitung (gemessen als maximale Quantenausbeute des Photosystems II) deutlich ab, aber diese Inhibition der Photosynthese war vollständig reversibel. Bereits 2 Stunden nachdem die Blätter einer Raumtemperatur von 20°C ausgesetzt waren, war die volle Photosyntheseleistung wieder erreicht.

Literatur

Berger, S (2003) *Ilex aquifolium* – Bioindikator für Klimaveränderung? Diplomarbeit Institut für Geobotanik, Leibnitz-Universität Hannover.

Iversen, J (1944) *Viscum, Hedera* and *Ilex* as climate indicators. Geologiska Föreningens Förhandlingar 66(3), 463-483.

1-9
Wachstum und Reaktionen auf biotische Faktoren bei Herkünften der Douglasie in Nordwestdeutschland

Mirko Liesebach;
vTI, Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf, mirko.liesebach@vti.bund.de

Die Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels stellen für die Forstwirtschaft ein erhöhtes Produktionsrisiko dar. Eine breite Palette angepasster Baumarten kann das Risiko verringern helfen. Unter dem Blickwinkel der Risikostreuung stellt die in Mitteleuropa wichtigste fremdländische Baumart, die Douglasie, die auf zahlreichen unterschiedlichen Standorten gedeiht und raschwüchsig ist, eine unter mehreren Optionen für die zukünftige forstliche Bewirtschaftung dar. Trotz aller Unsicherheiten über Details der Klimaänderung gehen mehrere Studien davon aus, dass die Douglasie in vielen Regionen Deutschlands profitieren wird (z.B. Kölling, 2008).
Da bei einer erhöhten Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Douglasien-Saatgut Engpässe nicht auszuschließen sind, werden Saatgutimporte aus den USA und Kanada diskutiert. Zur Prüfung der Möglichkeit von Saatgutimporten aus Nordamerika wurde eine Expertengruppe des Bundes (vTI) und der Länder (ASP, NW-FVA, FVA Freiburg, SBS) gebildet. Zu den Aufgaben der Gruppe gehört auch die Bewertung der Herkunftsfrage unter dem Aspekt des Klimawandels. Dazu sollen die vorhandenen Herkunftsversuche ausgewertet und die Ergebnisse zusammengeführt werden.
Das Institut für Forstgenetik hat beginnend in den 1960er Jahren über 20 Versuchsflächen mit insgesamt über 200 Herkünften (Prüfgliedern) angelegt. Ergebnisse von diesen Versuchen wurden überwiegend zur frühen Jugendentwicklung der Prüfglieder veröffentlicht. Über die spätere Entwicklung einer Versuchsfläche wurde zuletzt 1995 berichtet (z.B. Liesebach und Stephan, 1995). Auf dem Poster werden Ergebnisse von einer weiteren Versuchsfläche, die im Emsland mit 56 Herkünften der Douglasie aus 8 Staaten der USA und 2 Provinzen in Kanada angelegt wurde, vorgestellt.

Literatur

Kölling C (2008) Die Douglasie im Klimawandel: gegenwärtige und zukünftige Anbaubedingungen in Bayern. LWF Wissen 59, S. 12- 21.

Liesebach M, Stephan BR (1995) Growth performance and reaction to biotic and abiotic factors of Douglas fir progenies (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco). Silvae Genetica, Frankfurt a. M., 44 (5-6), S. 303-311.

1-10
Klima-Wachstums-Beziehungen bei verschiedenen Herkünften der Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.)

Volker Schneck*, Mirko Liesebach, Hans-Martin Rau;
* vTI, Institut für Forstgenetik, Eberswalder Ch. 3a, 15377 Waldsieversdorf, volker.schneck@vti.bund.de

Aufgrund ihrer ökologischen Amplitude ist die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) eine forstwirtschaftlich wichtige Baumart, die bei den erwarteten Klimaänderungen in Richtung einer Erwärmung und abnehmender Humidität an Bedeutung gewinnen kann. Herkunftsversuche, in denen Nachkommenschaften von Beständen unterschiedlicher Herkünfte der Wald-Kiefer unter verschiedenen Umweltbedingungen, d.h. an mehreren Standorten, angepflanzt und geprüft werden, liefern Hinweise über die Angepasstheit und die Anpassungsfähigkeit der untersuchten Nachkommenschaften sowie über die ablaufenden Anpassungsvorgänge.
Zur Klärung dieser Fragestellung eignet sich ein vom Internationalen Verband der Forstlichen Versuchanstalten (IUFRO) in den 1970er Jahren initiierter Herkunftsversuch mit Wald-Kiefer. Den Kern, dieses in mehreren europäischen Staaten angelegten Versuchs, bilden 20 gemeinsame Prüfglieder. Diese Herkünfte wurden entlang zweier Transsekte von Ost nach West (entlang 52 °N) und Nord nach Süd (20 °O) ausgewählt. In Deutschland wurden mit diesen Herkünften Mitte der 1980er Jahre sieben Versuchsflächen in Brandenburg, Hessen und Niedersachsen angelegt.
Auswertungen einzelner dieser Versuchflächen belegen bereits die deutliche Variation zwischen den Herkünften (z.B. Stephan und Liesebach, 1996 a, b; Kohlstock und Schneck, 1998). Die Versuchsanlage auf sieben weit verstreuten Standorten bietet hervorragende Möglichkeiten zur Untersuchung von Klima-Wachstums-Beziehungen. Daher ist eine gemeinsame Auswertung der deutschen Versuchsflächen des Instituts für Forstgenetik (vTI) und der Abteilung Waldgenressourcen (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) angelaufen. In einem weiteren Schritt ist vorgesehen, den Versuch im internationalen Verbund auszuwerten.

Literatur

Kohlstock N, Schneck V (1998) IUFRO provenance trial of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at Waldsieversdorf 1982-1994. In: Lithuanian Forest Research Institute: Scots pine breeding and genetics. Proceedings of the IUFRO S.02.18 Symposium Lithuania 1994. Kaunas/Girionys. S. 29-36.

Stephan BR, Liesebach M (1996a) Results of the IUFRO 1982 Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Provenance Experiment in Southwestern Germany. Silvae Genetica, Frankfurt a. M., 45 (5-6), S. 342-249.

Stephan BR, Liesebach M (1996b) Zum Auftreten des Graurüßlers (*Brachyderes incanus* L.) in einem Herkunftsversuch mit Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., Stuttgart, 48 (3), S. 45-51.

1-11
Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit von Provenienzen der Rot-Buche an Klimabedingungen

Wolf-Ulrich Kriebitzsch*; Wolfgang Beck; Mirko Liesebach; Jürgen Müller; Uwe Schmitt; Maik Veste
* vTI, Institut für Weltforstwirtschaft, Leuschnerstr. 91, 21031 Hamburg, wolf.kriebitzsch@vti.bund.de

Für das Wachstum der Wälder und deren Baumartenzusammensetzung sind von ausschlaggebender Bedeutung, inwieweit die derzeitig vorherrschenden Baumarten auch an die künftigen Klimabedingungen angepasst sind bzw. in der Lage sind, sich anzupassen. Die klimatischen Bedingungen in den Verbreitungsgebieten der meisten Baumarten sind sehr unterschiedlich, so dass sich regional und lokal angepasste Populationen entwickeln. Aus der lokalen Angepasstheit von Populationen kann aber nicht auf Anpassungsfähigkeit, d.h. ihre physiologische Plastizität an anderen Standorten geschlossen werden. Hierzu können Provenienzversuche, bei denen Saatgut (Provenienzen) an verschiedenen Orten des Verbreitungsgebiets gesammelt, unter einheitlichen Bedingungen zu Pflanzenmaterial angezogen und unter unterschiedlichen Klimabedingungen feldversuchsmäßig angepflanzt wird, Hinweise geben. Am Institut für Forstgenetik des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI; vormals BFH) wurde u.a. bereits vor ca. 15 Jahren ein derartiger europaweiter Buchen-Provenienzversuch initiiert und koordiniert.

Ein institutsübergreifendes Verbundprojekt, koordiniert vom Institut für Weltforstwirtschaft des vTI, führt auf der Versuchsfläche Schädtbek des Provenienzversuchs mit Rot-Buche nahe Kiel eine Pilotstudie durch. Sechs Provenienzen aus ganz Europa, die von klimatisch sehr unterschiedlichen Standorten stammen, wurden ausgewählt (Tab. 1). Untersuchungen zu den Bodenbedingungen, zur Phänologie, zum Zuwachsverhalten sowie zu chemischen und ökophysiologischen Parametern sollen Aufschluss hinsichtlich der Bandbreite der Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit einer der wichtigsten Wirtschaftsbaumarten an sich ändernde Klimabedingungen geben.

Tab. 1: Untersuchte Provenienzen und Angaben zur Höhe ü. NN, Jahresmitteltemperatur und jährlichen Niederschlagssumme an den Einsammlungsorten

Provenienz	Land	Höhe ü. NN	Temperatur	Niederschlag
Gransee, Abt. 3082 a1	Deutschland	70 m	8,5 °C	575 mm
Beius-Bihor / Prisaca	Rumänien	265 m	9,0 °C	720 mm
Anguiano	Spanien	950 m	9,9 °C	861 mm
Kladskà /Kynzvart	Tschechien	690 m	6,0 °C	750 mm
Neuberg-Mürzsteg	Österreich	1050 m	5,6 °C	1190 mm
Oderhaus	Deutschland	710 m	4,5 °C	1400 mm

1-12
Grenzen der Trockenheitsanpassung von Waldbäumen – ein Modellansatz im Rahmen des DSS-WuK (BMBF - klimazwei)

Tomasz Czajkowski[1], Bernd Ahrends[2], Andreas Bolte[1];
[1]Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institut für Waldökologie und Waldinventuren, A.-Möller-Straße 1, 16225 Eberswalde, tomasz.czajkowski@vti.bund.de, andreas.bolte@vti.bund.de;
[2]Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Abt. Ökopedologie der gemäßigten Zonen, Büsgenweg 2, 37077 Göttingen, bahrend@uni-goettingen.de

Aufgrund des Klimawandels werden sich sowohl Häufigkeit als auch Intensität von Hitze- und Trockenperioden in Mitteleuropa erhöhen. Im Rahmen des BMBF-Projekts *Decision Support System Wald und Klimawandel* (DSS-WuK, klimazwei-Programm) werden Anpassungsstrategien für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung unter Klimawandel entwickelt, die unter anderem Informationen zum Anpassungsvermögen von Waldbäumen an Trockenheit benötigen. Die Beurteilung einer kritischen Wasserversorgung von Waldbäumen liefert solche Grundlageninformationen. Wir stellen einen neuartigen Ansatz zur Bestimmung von kritischen Grenzen der Bodenwasserverfügbarkeit (CL-SWA) für wichtige Baumarten vor, der auf dem physiologischen Pflanzen-Wasserhaushalt basiert (Czajkowski et al. 2009). Unter Betrachtung der Xylemleitfähigkeit wurden drei Schwellenwerte des Dunkelwasserpotentials (Pre-dawn-Potential, Ψ_{wp}) gewählt, die (i) zu geringem Leitfähigkeitsverlust (10%), (ii) zu kritischem Leitfähigkeitsverlust (50%) und (iii) zu komplettem Leitfähigkeitsverlust (>90%) führen. In Trockenzeiten steht das Dunkelwasserpotenzial in Beziehung zum Bodenmatrixpotential in jener Bodentiefe, in der die Wurzelsysteme gerade noch Wasserressourcen nutzen können; dies entspricht der ‚effektiven Wurzeltiefe' (ERD). Die kritische Bodenwasserverfügbarkeit (CL-SWA) stellt den Anteil an nutzbarem Bodenwasser dar, das sowohl zu einem kritischen Bodenmatrixpotential als auch zu einem kritischen Dunkelwasserpotenzial führt. Die kritischen Grenzen der Bodenwasserverfügbarkeit (CL-SWA) können in Wasserhaushaltsmodellen, wie z.B. Brook90, implementiert werden.

Literatur

Czajkowski, T, Ahrends, B, Bolte A (2009) Critical limits of soil water availability (CL-SWA) for forest trees – an approach based on plant water status. Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research 59 (2), 87-93.

1-13
Synergie durch Vernetzung und Kooperation

Gerhard Enders
Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan, Am Hochanger 11, 85354 Freising
gerhard.enders@forstzentrum.de

Das Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan (ZWFH) ist eine europaweit einzigartige institutionelle Kooperation zwischen Forstwissenschaft und Forstverwaltung: Hier bündeln die forstlichen Fakultäten der Technischen Universität München und der Fachhochschule Weihenstephan sowie die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft ihre individuellen Kernkompetenzen und setzen dadurch erhebliche Synergiekräfte frei. Die Konzentration und Vernetzung von Forschung, Lehre, Beratung und Wissenstransfer an nur einem Ort, die fachliche Abdeckung aller forstlichen Aspekte und die enge Zusammenarbeit mit der Forstpraxis erleichtern auch zahlreiche externe Kooperationen, insbesondere auch mit KMUs.

1-14
Beispiele transregionaler interdisziplinärer Klimaforschung

Gerhard Enders
Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan, Am Hochanger 11, 85354 Freising
gerhard.enders@forstzentrum.de

Grundlagen- und praxisorientierte Forschung am ZWFH konzentrieren sich aktuell in hohem Maße auf die Frage, wie unsere Wälder an den Klimawandel angepasst werden können, um auch künftig ihre vielfältigen ökologischen und sozio-ökonomischen Funktionen zu gewährleisten, und welchen Beitrag sie zu seiner Minderung leisten können. Im Vordergrund zahlreicher regionaler, nationaler, europäischer und internationaler − überwiegend interdisziplinärer − Projekte des ZWFH stehen die Entwicklung von Vermeidungs- und Anpassungsmaßnahmen, ihrer Umsetzung in die Forstpraxis und die Verbesserung ihrer Akzeptanz in der Gesellschaft.

1-15
Weihenstephaner Erklärung zu Wald und Forstwirtschaft im Klimawandel

Gerhard Enders
Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan, Am Hochanger 11, 85354 Freising
gerhard.enders@forstzentrum.de

Wald und Forstwirtschaft spielen – wie der IPCC-Bericht 2007 feststellt – eine Schlüsselrolle bei der Bekämpfung des Klimawandels, sind aber auch Leidtragende. Auf Initiative des ZWFH bündelt Bayern daher alle Kräfte, um dieser Herausforderung zu begegnen. In der "Weihenstephaner Erklärung zu Wald und Forstwirtschaft im Klimawandel" bekunden die Bayerische Staatsregierung und die Forstlichen Verbände und Vereine in Bayern ihren ausdrücklichen Willen, unter Betonung des Prinzips von Solidarität und Eigenverantwortung Klimaschutz und Anpassungsmaßnahmen voranzutreiben.

1-16
KLIFF Forschungsthema FT 5: Forstwirtschaft & Waldlandschaft

KLIFF - Koordination FT 5, Forschungszentrum Waldökosysteme der Universität Göttingen,
Büsgenweg 2, 37077 Göttingen, kliff@gwdg.de

Vor dem Hintergrund der sich abzeichnenden globalen Umweltveränderungen werden unsere Waldökosysteme und Waldlandschaften mittel- bis langfristig Umweltfaktoren ausgesetzt sein, die sich in ihrer Kombination und Dynamik grundsätzlich von denen der Vergangenheit unterscheiden. Temperaturanstieg, veränderte Niederschlagsverteilung und vermehrt auftretende Wetterextreme, aber auch Bodenversauerung, Nährstoffverarmung, Stickstoff- und Ozonbelastung werden die ökologischen und ökonomischen Produktionsbedingungen der Forstwirtschaft und die Funktionen und Leistungen von Wäldern tief greifend verändern.Für die Waldlandschaften Harz und Lüneburger Heide sollen im Rahmen des Verbundprojektes Anpassungsstrategien an diese Veränderungen entwickelt werden. Im Zentrum der Forschung stehen die Bereiche Wald, Forstwirtschaft, Naturschutz und Tourismus.

Zielsetzung

Der Klimawandel stellt die Forstwirtschaft vor eine besondere Herausforderung: Wahrscheinlich noch nie in der Geschichte des mitteleuropäischen Waldes haben sich die Umweltbedingungen so schnell und massiv verändert. Über Jahrhunderte erworbene forstliche Erfahrungen, bisher solide Grundlage für waldbauliche Entscheidungen, werden Art und Umfang der klimatischen Veränderungen nicht mehr gerecht. Da die zukünftigen Umwelteinflüsse und ihr Zusammenwirken neuartig sind, brauchen wir Forschungsansätze, die eventuelle Faktorenkombinationen in ihrer Wirkung berücksichtigen können. Nur so wird es möglich sein, die Auswirkungen abzuschätzen und auf dieser Basis die notwendigen Anpassungsstrategien zu entwickeln, damit Stakeholder und Gesellschaft rechtzeitig auf die zu erwartenden Entwicklungen reagieren können.Im Mittelpunkt der Forschung stehen vier zentrale Funktionen von Waldlandschaften: Holzproduktion, Veränderung des Wasserhaushaltes, Naturschutz sowie Erholungsraum als Basis für den Tourismus. Für die Realisierung wurde ein breiter, inter- und transdisziplinärer Ansatz gewählt, der von den genetischen und molekularen Grundlagen bis in die waldbauliche Praxis reicht. Durch die Einbeziehung von Tourismus- und Naturschutzverbänden, Forstverwaltungen und Wasserwirtschaftlern in das Projekt, sollen die Belange der Praxis von Beginn an berücksichtigt werden.

Region: Exemplarisch sollen für zwei auch touristisch wichtige Regionen Niedersachsens, den Harz und die Heide, Anpassungsstrategien an mögliche, zukünftig auftretende klimatische Veränderungen entwickelt werden. Die Waldlandschaften des Harzes und der Lüneburger Heide liefern in Niedersachsen nicht nur erhebliche Mengen des nachwachsenden Rohstoffs Holz. Sie spielen auch eine wichtige Rolle für die Versorgung des Landes mit Grund- und Oberflächenwasser sowie im Falle des Harzes auch für den Hochwasser- und Bodenschutz. Eng damit verbunden sind die Naturschutzaspekte der großen Waldgebiete, namentlich im Nationalpark Harz und im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide.

1-17
Das europäische ForeStClim-Projekt

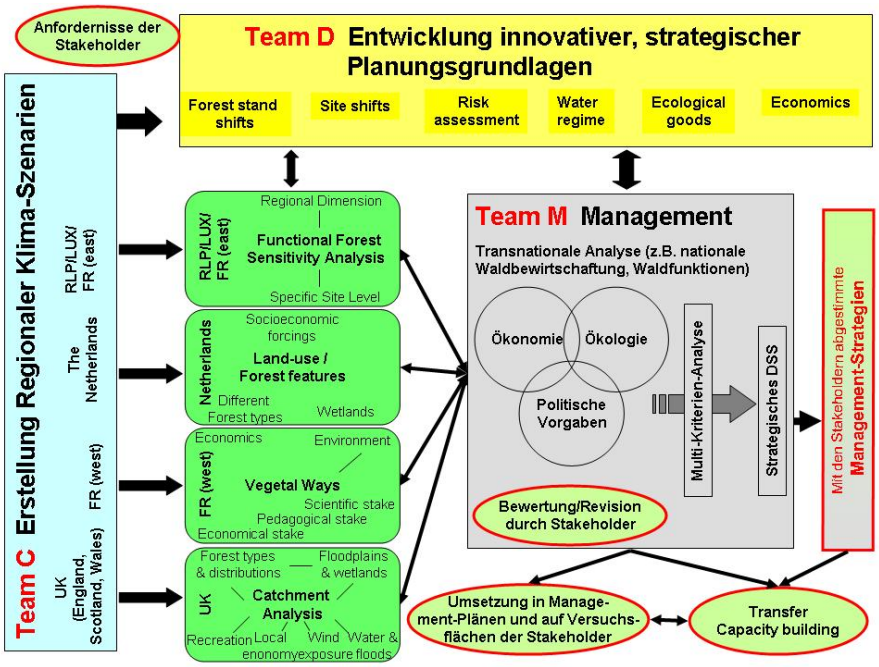
Autoren: Dr. Thomas Caspari, Prof. Dr. Gebhard Schüler;
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF), Hauptstr. 16, 67705 Tripp-stadt, caspari@forestclim.eu

Motivation

Im Zuge der prognostizierten Klimaentwicklung werden sich in den nächsten Jahrzehnten unausweichlich die forstlichen Standortsbedingungen und damit auch das Landschaftsbild in Nordwest-Europa (NWE) verändern. Diese Entwicklungen sind mit erheblichen Auswirkungen auf die nachhaltige Waldbewirtschaftung verbunden. Und sie waren Motivation für insgesamt 21 europäische Partner, sich im Projekt „ForeStClim“ (= Transnational Forestry Management Strategies in Response to Regional Climate Change Impacts) zusammen zu schließen. Diese INTERREG IVB-Kooperation mit einer Laufzeit von 5 Jahren (2008-2012) und einem Finanzvolumen von 11,6 Mio. Euro wird von der FAWF Rheinland-Pfalz als „Lead Partner“ geführt.

Ziele und Vorgehensweise

Ziel von ForeStClim ist es, transnationale Waldbewirtschaftungs- und Waldschutzstrategien zur Anpassung an die künftigen klimatischen Bedingungen zu entwickeln, um die ökonomische und ökologische Stabilität der Wälder in Nordwest-Europa, eine nachhaltige Holzproduktion, einen wirksamen Schutz der Waldökosysteme und die Erhaltung der Schutz- und Erholungsfunktionen der Wälder bei einer größtmöglichen Risikostreuung in Zukunft und auf Dauer zu sichern.



Die Implementierung erfolgt über mehrere, miteinander vernetzte Arbeitsgruppen und unter Einbeziehung von Stakeholdern auf allen Ebenen (siehe Abbildung links).

Zentraler Output ist ein Decision Support System (DSS), das auf ForeStClim-Flächen erprobt wird.

Weitere Infos erhalten Sie unter www.forestclim.eu/

1-18
Klimaplastische Wälder im Nordostdeutschen Tiefland – Kernaussagen des BMBF-Verbundes „NEWAL-NET“

Autoren: Hans-Peter Ende; Thomas Aenis; Kenneth Anders; Peter Elsasser; Rainer Gasche; Uwe Heinrich; Martin Jenssen; Hubert Jochheim; Reinhard Klenke; Marco Natkhin
Anschrift Erstautor: Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.,
Eberswalder Straße 84, D-15374 Müncheberg, hpende@zalf.de

Klimaänderungen, Wasserknappheit, die Nachfrage nach erneuerbaren Rohstoffen und Energien, technische und gesellschaftliche Entwicklungen lassen die Ansprüche an die Bewirtschaftung von Wäldern ständig wachsen. Zugleich bestehen die Forderungen nach der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung weiter. Wie man den wachsenden Ansprüchen an den Wald gerecht werden kann, darüber gehen die Meinungen stark auseinander. Am Beispiel der Region Schorfheide-Chorin wurde daher in dem vom BMBF geförderten Forschungsverbund „Nachhaltige Entwicklung von Waldlandschaften im Nordostdeutschen Tiefland – NEWAL-NET“ (FKZ: 0330562; www.newal-net.de) unter anderem mit Folgeabschätzungen und Modellrechnungen untersucht, welche Chancen in einer Waldentwicklung liegen können, die weiterhin auf Vereinbarkeit von Produktion, Schutz und Erholung setzt. Der „klimaplastische Laubmischwald“ soll dieses gewährleisten, indem er für zukünftige Entwicklungen mehrere Entwicklungspfade offen hält. Dieses Leitbild orientiert sich an natürlichen Konstruktionsprinzipien und beinhaltet die im natürlichen Buchenmischwald vertretenen Baumarten in standortspezifischen Kombinationen. Die Simulationen zur Folgenabschätzung ergaben, dass bei einer flächenkonkreten Umsetzung dieses Leitbildes unter zwei verschiedenen Klimaszenarien deutlich höhere Grundwasserneubildung sowie Kohlenstoffspeicherung (vgl. Poster von H. Jochheim *et al.*) erzielt werden könnten als bei der bisherigen Waldbewirtschaftung – und das bei kaum veränderter Gesamtbilanz der Treibhausgas-Emissionen, geringfügiger Änderung des Rohholzaufkommens und ohne negative Einflüsse auf öffentliche Güter. Außerdem könnten wichtige Waldlebensräume für seltene Tierarten erhalten werden. Einige dieser Effekte kämen allerdings erst in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts zur Wirkung. Entscheidend ist daher, jetzt mit adaptiven Maßnahmen zu beginnen. Das Leitbild wurde daher im Rahmen einer Landschaftswerkstatt (Anders *et al.* 2007) unter wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Gesichtspunkten mit Interessenvertretern, unter anderem Flächeneigentümern, erörtert und gemeinsam weiterentwickelt. Auch in die schulische und betriebliche Bildung flossen diese Erkenntnisse ein, um durch Aneignung von Kompetenzen eine größere Akzeptanz für zielgerichtete Veränderungen zu ermöglichen.

Literatur

Anders K, Fischer L, Jenssen M, Ende H-P (2007) Ein Waldtyp der Zukunft in der Landschaftswerkstatt. AFZ – Der Wald. Nr. 22/2007, pp. 1206-1209.

1-19
Nachhaltige Bewirtschaftung von Eichen-Kiefern-Mischbeständen im subkontinentalen nordostdeutschen Tiefland (OakChain)

Jens Schröder, Alexa Michel und Christian Marquardt
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, Alfred-Nobel-Straße 1, 16225 Eberswalde, schroeder.jens@gmx.com / www.oakchain.de

In den von artenarmen Kiefernforsten dominierten Wäldern des nordostdeutschen Tieflands soll in den kommenden Jahrzehnten der Anteil der Trauben-Eichen/Kiefern-Mischbestände stark ansteigen. Die Vitalität der Eichenarten ist jedoch nach den Waldzustandsberichten seit Beginn der 1990er Jahre besorgniserregend geschwächt. Für die Zukunft werden für die Region häufigere Witterungsextreme und zunehmende Sommertrockenheit erwartet. Mit Blick auf soziale, ökologische und ökonomische Nachhaltigkeitskriterien ergibt sich daraus ein Komplex von Fragen, den das Verbundprojekt "OakChain" anhand eines Versuchsflächen-Sets in Nordostdeutschland und Polen seit 2006 interdisziplinär untersucht. Das Landeskompetenzzentrum Forst in Eberswalde bearbeitet in diesem Rahmen Probleme der Anpassungsfähigkeit von Eichen-Kiefern-Mischbeständen an zukünftige Klimaveränderungen und des optimalen waldbaulichen Umgangs mit den durch Waldumbau entstehenden Bestandesformen. Im Detail geht es darum zu klären, ob geeignete waldbauliche Konzepte und die Verwendung spezieller genetischer Herkünfte die Anpassungsfähigkeit der Eiche bzw. ihre Vitalität in Auseinandersetzung mit dem Klimawandel fördern können. Dazu wird der Einfluss der Genetik, der Phänologie, des Nährelementgehaltes der Blätter sowie der Fraßschädlinge auf die Vitalität und den Zuwachs der Bäume geprüft. Intensive Analysen setzen sich mit den Witterungswirkungen auf den Zuwachs der Eiche im Vergleich zur Kiefer sowie mit den Möglichkeiten auseinander, diese Effekte für Prognosen zukünftigen Wachstums modellieren zu können. Es zeigt sich, dass die Jahrringbreite beider Arten deutlich von Witterungsfaktoren bestimmt wird, im Untersuchungsgebiet vor allem von den Niederschlägen in der Vegetationsperiode. Die Empfindlichkeit der Kiefern auf Extremereignisse ist in den letzten Jahrzehnten stärker gestiegen als die der Eichen, die auf einem relativ hohen, aber gleichbleibenden Niveau liegt. Die Eichenpopulationen der untersuchten Bestände unterscheiden sich erheblich in ihrer genetischen Ausstattung und besitzen auf dieser Ebene eine hohe Anpassungsfähigkeit an Umweltveränderungen. Aus waldbaulich-betriebswirtschaftlicher Sicht ist zu empfehlen, Einzelbaummischungen der Baumarten zu vermeiden und eher ein Mosaik artenreiner Kleinflächen anzustreben.

1-20
Adapatives Waldmanagement in Brandenburg – Optionen für die Bewirtschaftung resilienter Wälder im Klimawandel

Martin Guericke und Peter Spathelf
Fachbereich für Wald und Umwelt, Fachhochschule Eberswalde

Kenntnisse und Prognosen zur regionalen Ausprägung des Klimawandels in den einzelnen Regionen Brandenburgs sind weiterhin mit hohen Unsicherheiten behaftet. Mischwaldkonzepte werden als geeignetes Mittel zur Anpassung von Wäldern, der Waldbewirtschaftung und zur Minimierung des Risikos von Klimawandelfolgen angesehen. Da die Fortführung der in der Region vorherrschenden Kiefernreinbestandswirtschaft durch ihre negative Wirkung auf den Landschaftswasserhaushalt und die zu erwartende Erhöhung von biotischen Risiken (Insektenkalamitäten) unerwünscht ist, werden praxisrelevante Konzepte für eine Mischbestandswirtschaft entwickelt und erprobt.

Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes (INKA BB-Klimazug) werden dazu zum einen Demonstrationsflächen zur Begründung von Mischbeständen (Ki-Ei/Bu, Dgl-Ki, Ei-Bu) unter Berücksichtigung unterschiedlicher waldbauliche Ausgangssituationen angelegt. Die Untersuchungen zur Wuchsdynamik und dem spezifischen Konkurrenzverhalten verschiedener Baumarten in Mischung werden mit Hilfe von Chronosequenzen (unechten Zeitreihen) in unterschiedlich alten Beständen durchgeführt. Praxisnahe Waldbehandlungsvarianten auf den Demonstrationsflächen ermöglichen Einblicke in das Reaktionsvermögen von Einzelbäumen sowie auf die Steuerung und Entwicklung von Bestandesstrukturen. Die Ergebnisse werden in moderne Instrumente der einzelbaum-basierten Bestandessimulation (BWIN) implementiert.

Im Sinne einer aktiven Anpassungsstrategie werden schließlich Risiken und Optionen für verschiedene adaptive Maßnahmen in Brandenburgs Wäldern abgeschätzt.

Schlüsselwörter: Anpassung, Klimawandel, Mischbestände, Simulation

1-21
Forest Adaptation and Restoration in NE Germany -FARSeeING-

Tobias Scharnweber[1], Christian Schröder[1], Andreas Bauwe[2], Christian Criegee[2], Stephan Glatzel[2], Bernd Lennartz[2], Michael Manthey[1], Martin Wilmking[1], Stephan Zerbe
[1]Universität Greifswald, [2]Universität Rostock, [3] Universität Bozen,
Kontakt: Tobias Scharnweber, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Grimmer Str. 88, D-17487 Greifswald, charly-74@gmx.de

Auf Grund der starken Empfindlichkeit verschiedener Ökoregionen Mecklenburg-Vorpommerns hinsichtlich des Klimawandels können hier die Anpassungen von Wald-Ökosystemen und mögliche Anpassungsstrategien bei der Bewirtschaftung der Wälder besonders gut untersucht werden. Im Netzwerk **Forest Adaptation and Restoration in NE Germany -FARSeeING-,** das sich dieser Aufgabe stellt, arbeiten Landschaftsökologen der Universitäten Greifswald, Rostock und Bozen zusammen. Dabei werden durch die Arbeitsgruppen die Bodenwasserhaushalte einzelner Waldstandorte untersucht (Glatzel, Lennartz, Bauwe, Criegee) und mit den Reaktionen von *Fagus sylvatica* und *Quercus robur/petrea* auf vergangene Klimaextreme verbunden (Manthey, Wilmking, Scharnweber). In einem dritten Schwerpunkt wird versucht, das ökologische Potential von Wirtschaftswäldern in Hinsicht auf eine Restauration zu multifunktionalen, naturnahen Wäldern zu evaluieren (Zerbe, Schröder).

Der Schwerpunkt des Projektes liegt dabei in der Untersuchung von Auswirkungen vergangener Klimaextreme auf die Wuchsleistung wichtiger Baumarten in Mecklenburg-Vorpommern. Entlang eines Niederschlags-Gradienten vom subatlantisch geprägten Westmecklenburg zum subkontinental beeinflussten Nordost-Brandenburg werden Waldstandorte im Biosphärenreservat Schaalsee, im Müritz-Nationalpark und im Biosphärenreservat Schorfheide–Chorin untersucht. Der wichtige Einflussfaktor Boden (Wasserverfügbarkeit) soll hierbei in die Korrelationen der dendroökolgischen Parameter (Jahrringbreiten) mit Klimadaten einfließen. Mögliche Anpassungsszenarien werden auf Grundlage des regionalen Klima-Modells WETTREG für einen 50-100 jährigen Zeithorizont erarbeitet. Die Untersuchungen werden mittels üblicher dendroökologischer Methoden, der Analyse bestehender Datenbanken und unter Nutzung von GIS und Modellierungen durchgeführt.

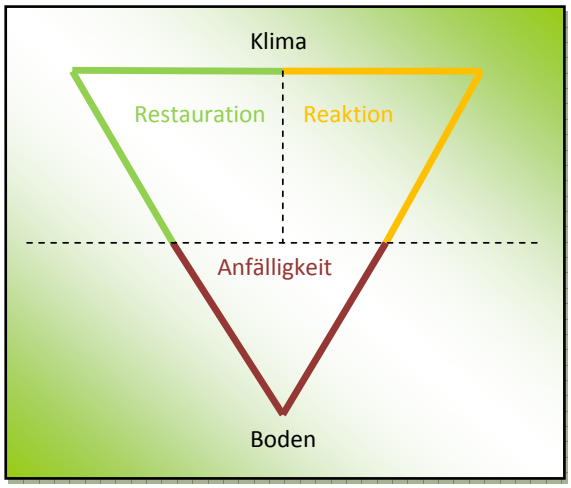


Abbildung: Netzwerk FARSeeING: Management und Restauration von Wald-Ökosystemen in NO-Deutschland unter verschiedenen Klima-und Bodenbedingungen bei besonderer Berücksichtigung der Anfälligkeiten und Reaktionen auf klimatische Extreme

1-22
„Anpassung der Forstlichen Klimagliederung Sachsens an den Klimawandel“

Autor: Rainer Gemballa;
Anschrift Autor: Staatsbetrieb Sachsenforst, Bonnewitzer Str. 34, 01796 Pirna /OT Graupa,
E-Mail: Rainer.Gemballa@smul.sachsen.de

Die herkömmlichen Klimastufen, der seit den 1960er Jahren in Sachsen angewendeten Forstlichen Klimagliederung, waren Kombinationen aus Höhenstufen und Klimafeuchtestufen. Sie waren hauptsächlich charakterisiert durch Rahmenwerte zu Niederschlag und Mitteltemperatur im Jahresmaßstab bzw. von Mai – September (abgeleitet aus Werten der Referenzperiode 1900-1950). Infolge der Klimaveränderungen seit 1950 und unter Berücksichtigung des zu erwartenden Klimawandels kann das reale Klima mit Hilfe der Rahmenwerte der herkömmlichen Klimastufen nicht mehr gekennzeichnet werden. Insbesondere in heute oder künftig trocknen und wärmeren Gebieten treten Werte auf, die außerhalb des Werterahmens der Klimastufen liegen. Deshalb wurde eine neue Forstliche Klimagliederung auf Basis eines vegetationsökologischen Ansatzes erarbeitet, die unter Berücksichtigung der fortschreitenden Klimaänderung und entsprechender Prognoseszenarien dynamisch anwendbar ist. Die neuen Klimaklassen beziehen sich auf die Länge der Vegetationszeit (= Anzahl Tage > 10°C) und die Klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit.

Literatur

Häntzschel, J., Franke, J.; Gemballa, R., Bernhofer, C. (2006) Forstliche Klimagliederung Sachsens im Klimawandel. AFZ-Der Wald 15/2006, S. 830-832.

Gemballa, R., Schlutow, A. (2007) Überarbeitung der Forstlichen Klimagliederung Sachsens. AFZ-Der Wald 15/2007, S. 822-826.

Schlutow, A., Gemballa, R. (2008) Sachsens Leitwaldgesellschaften, Anpassung an den prognostizierten Klimawandel. AFZ-Der Wald 1/2008, S. 28-31.

1-23
Anpassung der Thüringer Baumartenempfehlungen an den Klimawandel

Nico, Frischbier; Ingolf, Profft
Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei, Jägerstraße 1, 99867 Gotha,
Nico.Frischbier@forst.thueringen.de

Die Anpassung waldbaulicher Konzepte und forstbetrieblicher Planungen an die zu erwartenden klimatischen Veränderungen wird von Wissenschaft und Praxis gefordert und auf politischer Ebene befürwortet (Deutscher Bundestag, 2008). Unter den Handlungsmöglichkeiten einer forstlichen Anpassungsstrategie ist stets auch die Adaptation der Baumartenausstattung an veränderte Umweltbedingungen zu finden. Neben den vielfältigen Möglichkeiten der Baumartensteuerung in aktuellen Waldbildern werden häufig Bereiche identifiziert, in denen die multifunktionale Leistungsfähigkeit des Waldes durch Baumartenwechsel gesichert werden soll (Profft et al., 2007).
Die gültigen Baumartenempfehlungen für Thüringen werden den planerischen Unsicherheiten, die sich aus der Dynamik des erwarteten Klimawandels ergeben, nur ungenügend gerecht. Die vorhandene flächendeckende bodenkundliche Kartierung wurde daher mit einer neuen klimatischen Gliederung Thüringens kombiniert, die auf pflanzenphysiologisch relevanten Klimaparametern des Projektionszeitraumes 2041-2070 nach dem A1B-Szenario beruht (Frischbier u. Profft, 2008). Für die Menge daraus hervorgegangener Standortsbedingungen wird derzeit Wissen zur Angepasstheit, Anpassungs- und Leistungsfähigkeit einzelner Baumarten und Pflanzengesellschaften zusammengetragen, um den anschließenden Prozess der Ableitung funktionaler Baumartenmischungen zu unterstützen. Dazu werden fundamentale und realisierte Einnischungen von Arten und Gesellschaften modelliert (Schlutow et al., 2009), bisherige Anbauempfehlungen und pnV-Kartierungen aufbereitet und Forsteinrichtungen analysiert. Später gilt es, aus dieser Informationsfülle abgeleitete potenziell mögliche Anbauempfehlungen hinsichtlich der Erfüllung multifunktionaler Zielstellungen zu bewerten und Rangfolgen festzulegen.

Literatur

Deutscher Bundestag (2008) Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. 16/11595, Berlin, 52p.

Frischbier N, Profft I (2008) Praxisorientierte Regionalisierung forstlich relevanter Klimawerte und –szenarien für Thüringen. Forst und Holz Vol. 63, 10, pp. 24-29.

Profft I, Seiler M, Arenhövel W (2007) Die Zukunft der Fichte in Thüringen vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forst und Holz Vol. 62, 2, pp. 19-25.

Schlutow A, Profft I, Frischbier N (2009) Das BERN-Modell als Instrument zur Einschätzung der Angepasstheit von Waldgesellschaften und Baumarten an den Klimawandel in Thüringen. Forst und Holz Vol. 64, 4, pp. 31-37.

1-24
Planungshilfen für den klimagerechten Waldumbau in Bayern

Wolfgang Falk, Christian Kölling;
Anschrift Erstautor/in: Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Am Hochanger 11, D-85354 Freising, Wolfgang.Falk@lwf.bayern.de

Die Forstwirtschaft muss auf den prognostizierten Klimawandel reagieren, um die betriebswirtschaftlichen Risiken zu begrenzen und um einen stabilen C-Speicher im Wald auf Dauer zu sichern. Die wichtigste Anpassungsreaktion der Forstwirtschaft auf den Klimawandel ist der Waldumbau. Im klimagerechten Waldumbau werden anfällige Baumarten durch robustere ersetzt. Dies fördert der Freistaat Bayern mit großen finanziellen Mitteln im Klimaprogramm 2020 (Bayerische Staatsregierung, 2007).
260.000 ha Fichtenbestände im Privat- und Körperschaftswald Bayerns werden als akut gefährdet eingestuft. Allerdings existieren kaum Planungsgrundlagen, welche die aus dem Klimawandel resultierenden schwerwiegenden Standortsveränderungen berücksichtigen. Bis 2011 werden daher in zwei Projekten ein landesweites digitales Standortsinformationssystem und darauf anwendbare statistische Modelle zum Anbaurisiko der Baumarten erarbeitet. Um aber kurzfristig Planungsgrundlagen zu haben, wurde mit den Klima-Risikokarten ein Provisorium auf Grundlage von derzeit landesweit digital zur Verfügung stehende Standortsinformationen (Klima, Relief) entwickelt. Es wurden zwei Ansätze kombiniert: zum einen steigt das Anbaurisiko, wenn Baumarten heute oder künftig außerhalb ihrer ökologischen Nische wachsen müssten (Kölling, 2008). Zum anderen wurde mit der komplexen Wasserhaushaltsgröße T_{diff} (Falk et al., 2008) ein Maß für die Beschreibung des Wassermangels an Standorten gewählt, welches das Risiko von Wassermangel beschreibt. Als Ergebnis liegen der Bayrischen Forstverwaltung jetzt für mehrere Baumarten landesweit digitale Klima-Risikokarten vor, die in Kombination mit den herkömmlichen Standortskarten und deren Bodeninformation Grundlage für Anbauentscheidungen unter Berücksichtigung der vorhergesagten Klimaänderung sind.

Literatur

BAYERISCHE STAATSREGIERUNG (2007): Klimaprogramm Bayern 2020. Minderung von Treibhausgasen, Anpassung an den Klimawandel, Forschung und Entwicklung. 35 S. http://www.stmugv. bayern.de/umwelt/klimaschutz/klimaprogramm/doc/klimaprogramm2020.pdf

Falk W., Dietz E., Grünert S., Schultze B., Kölling C. (2008): Wo hat die Fichte genügend Wasser? Neue überregional gültige Karten des Wasserhaushalts von Fichtenbeständen verbessern die Anbauentscheidung. LWF aktuell 66, 21-25

Kölling C. (2008) Wälder im Klimawandel: Die Forstwirtschaft muss sich anpassen. In: Lozán J. L., Graßl H., Jendritzky G., Karbe L., Reise K. (Hrsg.) unter Mitwirkung von W.A. Maier (2008): WARNSIGNAL KLIMA: Gesundheitsrisiken – Gefahren für Menschen, Tiere und Pflanzen. GEO/Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg. 384 S.: 357 - 361

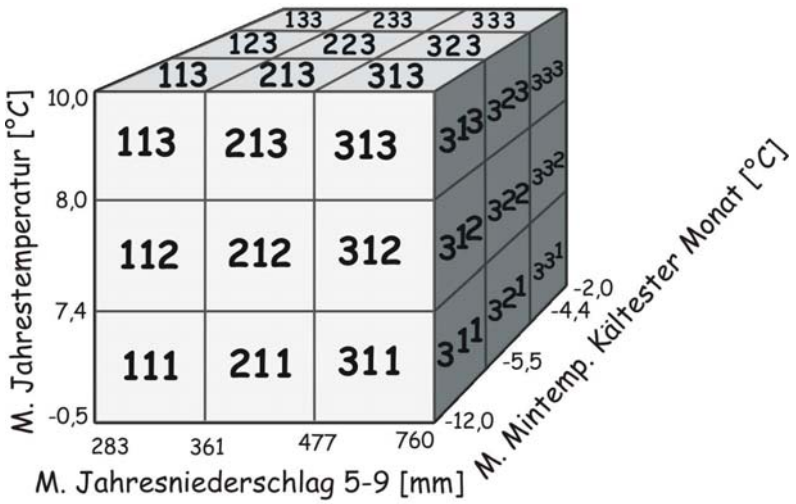
1-25
Mit dem Dreifach-Filter zur passenden Gastbaumart

Martin Bachmann, Christian Kölling, Monika Konnert, Andreas Schmiedinger;
Dr. Martin Bachmann, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Sachgebiet Waldbau, Am Hochanger 11, 85354 Freising, martin.bachmann@lwf.bayern.de

Bereits moderate Klimaprognosen gehen im Zeitraum von 2071 bis 2100 für Süddeutschland von einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur um etwa 2 °C und einem gleichzeitigen Rückgang der Niederschläge in der Vegetationsperiode um 10 bis 25 % aus (Spekat et al. 2007).

Ob und wie heimische Baumarten diese Veränderungen bewältigen werden ist ungewiss. Dies gilt in besonderem Maße für jenen Regionen, in denen ein bislang nicht realisiertes, für den größeren Umkreis völlig neuartiges, so genanntes „nicht-analoges“ Klima erwartet wird. Empfehlungen für alternative Baumarten können jedoch bislang nur auf der Grundlage von Literaturbefunden gegeben werden, da planmäßige vergleichende Versuchsanbauten in vielen Fällen fehlen. Diese Testphase, welche sich im Idealfall über einen Zeitraum von mehreren Umtriebszeiten erstrecken sollte, ist aber eine zwingende Voraussetzung für Praxisempfehlungen, da nicht nur das Wuchsverhalten der Baumarten als erwünschte Hauptwirkung, sondern auch die unerwünschten Nebenwirkungen auf Boden und belebte Umwelt geprüft werden muss. Dabei sollen die bei Kölling (2008) angeführten Grundsätze für den Anbau von Gastbaumarten, die teilweise auf den Empfehlungen von Engelmark et al. (2001) beruhen, besondere Beachtung finden.

Die Identifikation forstwirtschaftlich interessanter und für bayerische Verhältnisse klimagerechter Baumarten für kommende Versuchsanbauten erfolgt mit Hilfe eines stratifizierten Drei-Filter-Verfahrens: (1) einem Klima-Filter, bestehend aus einer weltweiten GIS-basierten Suche nach Klimaregionen, in welchen die für Bayern sowohl aktuellen als auch gemäß dem Szenario B1 prognostizierten Klimabedingungen auf engem Raum nebeneinander (Höhengradienten) vorgefunden wurden, (2) einem Nutzwert-Filter in Form einer Nutzwertanalyse, welche forstökonomische, forstökologische und forstsoziologische Gesichtspunkte bewertete, (3) sowie einem Anbaufilter, in dem recherchiert wurde, für welche vorausgewählten Baumarten noch keine ausreichenden Anbauerfahrungen vorliegen.



Dreidimensionale Darstellung der für Bayern ausgeschiedenen 27 Klimatypen. Die Achsen des „Klimawürfels“ wurden mit den aktuellen Klimadaten (Bezugszeitraum 1950 – 2000) für Bayern auf der Grundlage von WORLDCLIM (Hijmans et al. 2005) beschriftet.

Als Ergebnis der Studie werden die Nadelbaumarten *Abies borisii-regis* MATTF., *Pinus ponderosa* DOUGL., *Abies bornmuelleriana* MATTF., *Pinus peuce* GRISEB sowie die Laubbaumarten *Fagus orientalis* LIPSKY, und *Tilia tomentosa* MOENCH für Versuchsanbauten favorisiert. Für die Auswahl

der 5 Versuchsflächen ist es besonders wichtig, den erwarteten Klimawandel anhand einer Simulation der zeitlichen Entwicklung durch räumliche Entfernung vorwegzunehmen. Will man die Anbaueignung für die Untermainebene bestimmen, so müssen die Versuchsanbauten dafür z. B. im Wallis (Schweiz) oder im Burgenland (Österreich) liegen. Durch die Auswahl von Versuchsflächen mit mittleren Bodenverhältnissen können die unterschiedlichen Substratansprüche der Baumarten weitgehend ausgeglichen werden.

Abschließend bleibt anzumerken, dass die hier vorgestellte Methodik nicht nur zur Auswahl angepasster Gastbaumarten, sondern auch zur Suche nach klimagerechten Provenienzen heimischer Baumarten verwendet werden kann.

Literatur

Engelmark O., Sjöberg K., Andersson B., Rosvall O., Agren G.E., Baker W.L., Barklund P., Björkman C., Despain D.G., Elfving B., Ennos R.A., Karlman M., Knecht M.F., Knight D.H., Ledgard N.J., Lindelöw A., Nilsson C., Peterken G.F., Sörlina S., Sykes M.T. (2001) Ecological effects and management aspects of an exotic tree species: the case of lodgepole pine in Sweden. Forest Ecology and Management Vol. 141, 1-2, Feb. 2001, pp. 3-13

Kölling C. 2008. Die Douglasie im Klimawandel: Gegenwärtige und zukünftige Anbaubedingungen in Bayern. LWF Wissen 59, Feb. 2008, pp. 12-21

Spekat A., Enke W., Kreienkamp F. (CEC) (2007) Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG (Kurztitel). UBA-FZK 204 41 138, UBA-Publikationsreihe, Dessau. http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-I/3133.pdf

Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology Vol. 25, 15, Dec. 2005, pp. 1965-1978

1-26
Bewertung naturaler Risiken der forstlichen Produktion und mögliche Anpassungsstrategien

Kai Staupendahl und Bernhard Möhring
Abt. Forstökonomie und Forsteinrichtung
Burckhardt-Institut der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie
Georg-August-Universität Göttingen
Büsgenweg 5, 37077 Göttingen, E-Mail: kstaupe@gwdg.de

Aufgrund des Klimawandels ist insgesamt mit einer Zunahme der naturalen Risiken in der forstlichen Produktion zu rechnen, verursacht insbesondere durch geringere Niederschläge während der Vegetationszeit und häufiger auftretende Klimaextreme wie Dürreperioden und Stürme. Der vorliegende Beitrag versucht, die dadurch entstehenden Risikokosten zu bestimmen und Möglichkeiten zu ihrer Verminderung aufzuzeigen. Die Basis hierfür bildet die Quantifizierung der kalamitätsbedingten, altersabhängigen Ausfallwahrscheinlichkeit von Waldbeständen mit Hilfe einer Überlebensfunktion, die hier der Weibullverteilung folgt. Sie wurde derart modifiziert, dass ihre zwei Parameter inhaltlich leicht interpretierbar sind. Aus ihnen kann so unmittelbar auf das Gefährdungsniveau und auf den zeitlichen Verlauf der Gefährdung geschlossen werden.

Ziel ist die Kalkulation der ökonomischen Erfolgsgröße „Annuität unter Risikoeinfluss“, deren Wert natürlich auch vom Produktionszeitraum abhängt. Durch das Risiko eines kalamitätsbedingten vorzeitigen Ausfalls existiert jedoch für jeden Bestand nicht nur *eine* mögliche Produktionsdauer (die planmäßige Umtriebszeit), sondern eine *Häufigkeitsverteilung* von Produktionsdauern. Durch Kombination des beschriebenen Risikomodells mit einem Produktions- und Kosten-/Erlös-Modell, das auch die Mehrkosten und Mindererlöse bei Kalamitätsnutzungen berücksichtigt, können in diskreten Zeitschritten die innerhalb der regulären Produktionszeit möglichen Nutzungszeitpunkte, deren Eintrittswahrscheinlichkeiten und die ihnen entsprechenden Annuitäten bestimmt werden. Der Erwartungswert der Annuität lässt sich dann als gewichteter Mittelwert dieser Einzelwerte berechnen.

Am Beispiel eines Fichtenbestandes mittlerer Wuchsleistung kann gezeigt werden, dass Risiken die Erwartungswerte der Annuitäten mindern. Die Differenzen zu den jeweils ohne Berücksichtigung von Risiko berechneten Annuitäten können somit als laufende, jährliche Risikokosten interpretiert werden. Dabei wirken sich Risikoszenarien mit hoher Gefährdung in der Jugendphase negativer aus als solche mit hohen Altersrisiken. Variantenrechnungen zeigen, dass im letzteren Fall eine Anpassung – im Sinne einer Verminderung der Risikokosten – durch *vorgezogene* Endnutzung möglich ist. Dies gilt nicht im Fall von hohen Jugendrisiken, denen nicht ausgewichen werden kann. Sie legen eine *Verlängerung* der Produktionszeit nahe.

1-27
Wissenstransfer in die Forstwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel

Sabine Storch, Prof. Max Krott, Dr. Michael Böcher;
Georg-August-Universität Göttingen, Professur für Forstpolitik,
Büsgenweg 3, 37077 Göttingen, sstorch@gwdg.de

Auch die Forstpraxis ist sich bewusst, dass für die Anpassung an den Klimawandel nur begrenzt auf eigene Erfahrungen zurückgegriffen werden kann. Zudem müssen bewährte Planungsinstrumente um neue Instrumente ergänzt werden. Hier setzt das webbasierte „Decision Support System Wald und Klimawandel“ an, das Forstleuten baumartenspezifische Informationen über Klimafolgen liefert (www.dss-wuk.de)[14].

Unsere Ausgangshypothese ist, dass wissenschaftliche Informationen jedoch nicht allein durch die Wissenschaft in die Praxis transferiert werden können, sondern nur in Verbindung mit BÜNDNISPARTNERN aus der Praxis. Auf Grundlage einer Umfrage unter Forstfachleuten und dreier Stakeholder-Foren mit Teilnehmern aus der Forstpraxis und -politik konnten folgende Aussagen zum Wissenstransfer mit Bündnispartnern in diesem Themenbereich getroffen werden:

1. Das Thema Klimawandel bietet gute Möglichkeiten für die Forstwirtschaft, um sich mit anderen waldbezogenen Politikfeldern aktiv zu verbinden, wie dem Umwelt- bzw. Klimaschutz (Interesse an CO_2-Senkennutzung), dem Naturschutz (Interesse an Erhalt der Biodiversität) und der Holzwirtschaft (Interesse an Rohstoffverfügbarkeit und diesbezüglicher Risikominimierung).

2. Beim Thema Klimawandel haben die Forstlichen Versuchsanstalten in den Augen von Forstfachleuten eine besonders große Bedeutung als Informationsquelle, so dass sie wichtige Bündnispartner für die Vermittlung wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Thema darstellen.

3. Die Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Thema Klimawandel oder „Produkte“ wie dem DSS-WuK vor Ort ist über die persönliche Vermittlung fachlich kompetenter Berater (Beratungsförster, Landwirtschaftskammer, freiberufliche Sachverständige, Consultants u.a.) besonders erfolgversprechend.

Derzeit wird in dem Projekt an der Entwicklung konkreter Transferinstrumente gearbeitet.

[14] Das hier vorgestellte Poster entstand innerhalb des Verbundprojekts DSS-WuK (Projekt der BMBF-Fördermaßnahme klimazwei), im Rahmen des Teilprojekts 6: „Optimierung des Wissenstransfers“.

1-28
Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels aus der Sicht des Naturschutzes

Albert Reif, Jürgen Bauhus, Ulrike Brucker, Raffael Kratzer, Andreas Schmiedinger;
Prof. Dr. Dr. Albert Reif, Universität Freiburg, Waldbau-Institut, Tennenbacherstr. 4, 79106 Freiburg,
albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de

Die Forstwirtschaft ist ein von den Folgen des Klimawandels ganz wesentlich betroffener Wirtschaftszweig. Sie ist erstens eine besonders witterungs- und damit klimaabhängige Art der Landnutzung, arbeitet zweitens mit langlebigen Organismen, den Bäumen, und kann drittens die Produktionsstätten nicht verlegen (Schmiedinger et al. 2009). Es ist zu befürchten, dass eine Anpassung bei einigen der derzeit angebauten Baumarten nur bedingt möglich sein wird, da sie den Übergang vom aktuellen zum prognostizierten Klima – gemessen am Lebensalter eines Baumes – in ausgesprochen kurzer Zeit bewältigen müssen (Graßl 2007, Kölling et al. 2008). Da dies den verschiedenen Arten unterschiedlich gut gelingen wird, gibt es in den einzelnen Bundesländern mehr oder weniger weit fortgeschrittene Überlegungen zur waldbaulichen Klimaanpassung.

In der vorgestellten Studie werden die Empfehlungen, Vorgehensweisen und bereits erfolgenden Umsetzungen der Forstverwaltungen/Forstbetriebe zur Baumartenwahl und anderer Anpassungsstrategien an den Klimawandel analysiert. Diese werden mit besonderer Berücksichtigung möglicher Zielkonflikte zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz diskutiert.

Um die Studie in dem sehr begrenzten Zeitraum durchführen zu können, wurden beispielhaft repräsentative Erhebungsgebiete ausgewählt. Bei der Auswahl der Bundesländer wurde das Ziel verfolgt einerseits unterschiedliche Naturräume abzudecken und andererseits Länder, die sich in unterschiedlichen Phasen der Anpassung befinden ein zu beziehen. Nach diesen Kriterien wurden die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen ausgewählt, die rund 70% der Waldfläche in Deutschland abdecken. Des Weiteren werden die Bundeszentralen der Naturschutzorganisationen NABU, BUND und WWF, sowie das von Thünen-Institut (vTI) in die Untersuchung einbezogen.

Zunächst stand die Sammlung existenter Daten im Vordergrund. Diese Daten wurden ausschließlich durch Literatur- und Internetrecherchen erhoben und in Form einer Literaturdatenbank (EndNote) dokumentiert. Darüber hinaus wurden zur standardisierten Befragung der Experten Fragenkataloge getrennt für die Fachbereiche Forstwirtschaft bzw. Naturschutz zusammengestellt, in welche die Erkenntnisse aus den o. g. Recherchen eingingen.

Literatur

Graßl H. (2007) Der Klimawandel - zu schnell für jeden Baum. LWF aktuell Vol. 60, Sept. 2007, pp. 3-4

Kölling C., Konnert M., Schmidt O. (2008) Wald und Forstwirtschaft im Klimawandel. AFZ der Wald Vol. 15, Aug. 2008, pp. 804-807

Schmiedinger A, Bachmann M, Kölling C, Schirmer R (2009) Verfahren zur Auswahl von Baumarten für Anbauversuche vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forstarchiv Vol. 80, Feb. 2009, pp. 15-22.

1-29
Forest policy instruments adapting to climate change in Korea

Mi Sun Park[1], Yeo-Chang Youn[2]
[1]Institute for Forest Policy, Büsgenweg 3, 37077 Göttingen, Germany, mpark@gwdg.der
[2]Center for Forestry Research on Climate Change, Seoul National University, 599 Gwanakro, Gwanakgu, 151-921, Seoul, Republic of Korea, youn@snu.ac.kr

This study examines the use of forest policy instruments adapting to climate change in Republic of Korea. The Carbon Neutral Program (CNP) as a policy instrument was introduced by a government agency, 'Korea Energy Management Corporation (KEMCO)' in February, 2008. It is based on a compensation scheme for carbon offset in everyday life. It is a voluntary scheme based on participation of governmental and non-governmental organizations, individuals and enterprises. In this program there are three options - purchase of KCERs, investment in renewable energy and forestry (planting and tending trees). In 2008 the first year of the program, 34 applications claiming as carbon neutral activities were submitted. Among them 8 involves the option of forestry investment involving planting and tending trees. Total 179,8261kgCO_2 was offset by these projects. The Korea Forest Service, the forestry authority of South cooperated with the KEMCO in implementing CNP, especially in verifying forestry offset standards in granting the Carbon Neutral Label as one Eco-label. The Korea Forest Service introduced another policy instrument named as carbon mileage system in the Northern Regional District. The carbon mileage accumulated through planting and tending forests can be used by the participants in their use of forest recreational facilities like log cabins in national forests. Forest scientists have developed a carbon tree calculator which can estimate the amount of CO_2 emitted in citizens' everyday lifeand for the number of trees to be planted for offsetting the carbon. Campaigns for reducing carbon footprint through forest activities were also conducted. NGOs such as Forest for Life and Korea Green Foundation have played a leading role in this activity.

These forest policy instruments are based on voluntary participation and partnership among actors. They are new types unlike regulations of governments. They can be named as the New Environmental Policy Instruments (Tews et al., 2003). The introduction of NEPIs can support governance in forest politics.

Literature

Tews K, Busch P, Jörgens H (2003) The diffusion of new environmental policy instruments. European Journal of Political Research 42:569-600.

Themenblock 2: Boden: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel

Moderation: Dr. Annette Freibauer, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) – Institut für Agrarrelevante Klimaforschung (AK)

Nummer	Titel und Autoren	Seite
2-1	Soil Information in Germany: The 2008 Position *von Wolf Eckelmann*	96
2-2	Bodendaten in der Klimawandel- und Anpassungsforschung *von Jens Utermann et al.*	97
2-3	Variabilitäten von Humusgehalten in Böden Deutschlands *von Olaf Düwel; Jens Utermann*	98
2-4	Bodenzustandserhebung Landwirtschaft für die Klimaberichterstattung *von Clemens Siebner et al.*	99
2-5	Kohlenstoffvorräte und -flüsse in bayerischen Waldböden *von Wolfgang Falk et al.*	100
2-6	Veränderung der C-Vorräte in brandenburgischen Waldböden - mögliche Rolle des Klimawandels *von Winfried Riek, Reinhard Kallweit*	101
2-7	CH_4-Aufnahme in Waldböden mit unterschiedlicher Buchenhäufigkeit *von Anja Guckland et al.*	103
2-8	Kohlenstoffspeicherung in Gleyen und Gley-Podsolen in Abhängigkeit von Landnutzungsform und -dauer *von Marie Spohn, Luise Giani*	104
2-9	Bewertung chemischer Fraktionierungsverfahren zur Gewinnung stabiler Pools der organischen Bodensubstanz *von Mirjam Helfrich et al.*	106
2-10	Sustained stimulation of soil respiration and CO_2 release from an agricultural soil after 10 years of experimental warming *von Jean Charles Munch et al.*	107
2-11	Einfluß von Klima und Bewirtschaftung auf den Kohlenstoffhaushalt im Boden *von Uwe Franko et al.*	108
2-12	Umwandlung Acker zu Grünland – C-Sequestrierung?! *von Axel Don et al.*	109
2-13	Feuchter oder trockener? - Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion *von Detlef Deumlich et al.*	110
2-14	Emissionsinventar LULUCF/AFOLU-THG-Emissionen in Deutschland infolge von Landnutzung und Landnutzungsänderung. 1. Hintergrund und Methodik *von Andreas Gensior et al.*	111
2-15	Emissionsinventar LULUCF/AFOLU-THG-Emissionen in Deutschland infolge von Landnutzung und Landnutzungsänderung. 2. Ergebnisse allgemein *von Andreas Gensior et al.*	112
2-16	Emissionsinventar LULUCF/AFOLU-THG-Emissionen in Deutschland infolge von Landnutzung und Landnutzungsänderung. 3. Ergebnisse regional *von Andreas Gensior et al.*	112
2-17	Verbundprojekt „Organische Böden“ – Ermittlung und Bereitstellung von Methoden, Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren für die Klimaberichterstattung LULUCF/ AFOLU *von Bärbel Tiemeyer et al.*	113

Nummer	Titel und Autoren	Seite
2-18	GHG-exchange in German peatlands - Assessment of the effects of alternative peatland management on mitigation potentials, on farm-level economics and on macroeconomics. 1. Concept and approach *von M. Drösler et al.*	115
2-19	GHG-exchange in German peatlands - Assessment of the effects of alternative peatland management on mitigation potentials, on farm-level economics and on macroeconomics. 2. First results *von M. Drösler et al.*	115
2-20	Angepasste Landnutzung auf Niedermooren in NO-Deutschland *von Jürgen Augustin et al.*	117
2-21	Auswirkungen einer Sommerdürre auf den Stoffhaushalt von restaurierenden Hochmooren – Die Notwendigkeit der differenzierten Betrachtung von Prozessen und Konsequenzen für die Landnutzung *von Stephan Glatzel, Sascha Beetz*	118
2-22	Klimaschutz durch Waldmoorschutz: Renaturierungsmanagement für Waldmoore mit Hilfe des Entscheidungsunterstützungssystems DSS-WAMOS *von Christian Klingenfuß et al.*	119
2-23	N_2O-Emissionen und bodeninterne N-Spezies im intensiven Feldgemüsebau *von Sabine Fiedler et al.*	121
2-24	Auswirkung von Stickstoffdeposition und reduzierten Sommerniederschlägen auf CO_2-, CH_4- und N_2O-Flüsse in einem Hochmoor in der Metropolregion Hamburg *von Marion Vanselow-Algan et al.*	122
2-25	Modellierung und Regionalisierung von Lachgasemissionen landwirtschaftlicher Flächen mit Fuzzy Logic *von Rene Dechow, Annette Freibauer*	123
2-26	Bedeutung des Grundwassers für indirekte N_2O-Emissionen aus Agrarökosystemen von *Reinhard Well et al.*	124
2-27	Trennung der bodenbürtigen Quellen von NO und N_2O mittels stabiler Isotope *von Florian Stange Rolf Russow*	125
2-28	Long-term fertilization effects on soil organic matter and net-exchange rates of N_2O and CH_4 on a sandy arable soil *von N. Jäger, Heinz Flessa*	126
2-29	Treibhausgas-Emissionen (CO_2, N_2O, CH_4) nach Biochar-Applikation *von Claudia Kammann et al.*	127
2-30	Das Verfahren zur hydrothermalen Karbonisierung – Untersuchung der Reaktionsprodukte für die mögliche Nutzung in Entwicklungs- und Schwellenländer *von Dave Tjiok et al.*	128
2-31	Hamburg Urban Soil Climate Observatory (HUSCO): Einfluss der Bodenfeuchte- und Energieflüsse von Stadtstruktureinheiten auf das Stadtklima *von Annette Eschenbach et al.*	130
2-32	Terra Preta – die Schlüsselinnovation des Jahrhunderts *von Joachim Böttcher*	133

2-1
Soil Information in Germany: The 2008 Position

Dr. Wolf Eckelmann
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Stilleweg 2, 30655
Hannover; w.eckelmann@bgr.de

In Germany, sixteen state geological surveys and the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) are co-operating to collect information about the soils of Germany and to organise a network of soil information systems. This network is intended to contain all soil information relevant to land use, climate change and soil protection. It will then be possible to recall and interpret the data according to scientific or regional criteria.

The soil information system of BGR, FISBo BGR, consists of three main components: The spatial database, containing all small-scale soil maps for nationwide needs, will be used as an extensive data set from which to create thematic maps. The laboratory and soil profile database contains the results of soil analyses, i.e. basic chemical and physical data (soil properties), as well as inorganic and organic contaminants. The method database is intended to document and select standardised methods, e.g. for the derivation of the filtering capacity, groundwater recharge or soil productivity from soil maps and from the relevant basic pedological data. In addition, web soil services like WMS and WFS are in place or even under development.

During the last years, FISBo BGR made good progress at different areas of its structure and contents, mainly regarding soil information needs of science, administration and politics. Moreover, the FISBo BGR experts are increasingly invited to co-ordinate or participate in national or European networks and projects. Meanwhile, soil data become more and more evident for numerous projects dealing with climate change, land use and soil protection.

The presentation gives an overview of the main components and links to internal and external structures.

2-2
Bodendaten in der Klimawandel- und Anpassungsforschung

Jens Utermann, Carolin Kaufmann, Jörg Rinklebe, Annecke Beylich, Franz Makeschin, Jeanette Mathews
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover, jens.utermann@bgr.de

Veranlassung

Am 17. Dezember 2008 hat die Bundesregierung die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) verabschiedet. Von entscheidender Bedeutung für die Ableitung geeigneter Anpassungsmaßnahmen ist die Erhebung (Messung) und Bereitstellung belastbarer Daten zu Klimafolgen. Das Ökosystem Boden wird hierbei als eines von 15 Handlungsfeldern in der DAS direkt angesprochen.

Das Projekt BOKLIM

Eine stärkere Nutzung, bessere Vernetzung und bedarfsgerechte Anpassung vorhandener Monitoringsysteme sowie ein verbesserter Zugang, Qualität und Verfügbarkeit der Daten zu ist eine wichtige Forderung, die unter dem Titel „Anwendung von Bodendaten in der Klimaforschung“ in einem vom Umweltbundesamt geförderten F & E Vorhaben aufgegriffen wird. Zentrale Fragen, die es zu beantworten gilt sind:

- In welchem Rahmen und Umfang können laufende Aktivitäten zur Bodenzustandserhebung und zum Monitoring die Arbeiten an der Anpassungsstrategie von Bund und Ländern unterstützen?
- Welche Schritte sind erforderlich, um diese Arbeiten zukünftig mit belastbaren Daten und Trendaussagen zu unterstützen?

Der Beitrag stellt das F & E Vorhaben vor. Es baut auf bodenwissenschaftlichen Erkenntnissen zur Eignung von Daten als Modelleingangsparameter und zur Messung von Auswirkungen von Klimaänderungen auf Bodenfunktionen auf. Für die Entwicklung und spätere Umsetzung der Datendrehscheibe ist eine Vernetzung der Akteure in Klimaforschung einerseits und Bodenerhebung bzw. Bodenmonitoring andererseits unerlässlich. Der Beitrag verdeutlicht, inwiefern Datenbereitsteller (Messnetzbetreiber) und Datennutzer (z.B. Klimafolgenforschung) gleichermaßen durch eine Steigerung der Nachfrage nach Bodendaten und einer Erleichterung des Zugangs zu Daten profitieren.

Weitergehende Informationen

Details zum Vorhaben und ersten Ergebnissen sind der Internetpräsentation des Projektes zu entnehmen (http://www.boklim.de/).

2-3
Variabilitäten von Humusgehalten in Böden Deutschlands

Olaf Düwel; Jens Utermann, Clemens Siebner
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover, olaf.duewel@bgr.de,

Einleitung und Ziel

Das Wissen um die Gehalte organischer Substanz in Böden spielt für verschiedene Fragestellungen und gesetzliche Regelwerke mit Bezug zu Böden eine wichtige Rolle.
Vor diesem Hintergrund wurde das Ziel verfolgt, eine möglichst exakte und flächendeckende Aussage über typische Humusgehalte in Oberböden Deutschlands sowie deren Variabilität im Raum zu treffen.

Datengrundlagen und Vorgehen

Ausgewertet wurden definierten Mindestanforderungen entsprechende Punktinformationen der Labor- und Profildatenbank des bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) eingerichteten Bodeninformationssystems (FISBo BGR). Die Untersuchungen beschränken sich auf die Ermittlung von Humusgehalten in Oberböden.
Als bestimmende Größe für die Humusgehalte wurde der Einfluss der Landnutzung, des Klimas und des Bodens berücksichtigt. Alle diesbezüglich benötigten Flächeninformationen lassen sich aus der in der Flächendatenbank des FISBo BGR vorgehaltenen nutzungsdifferenzierten Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1:1.000.000 (BÜK 1000 N2.3) (BGR 2006) ableiten.

Ergebnisse

In enger Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten konnten bestehende Datensätze im Fachinformationssystem Bodenkunde FISBo BGR so umfassend ergänzt werden, dass statistisch basierte Aussagen zur räumlichen Variabilität von Humusgehalten für die Oberböden Deutschlands getroffen werden können. Damit steht erstmals eine auf profunder Datenbasis abgeleitete Einschätzung des Gehalts an organischem Kohlenstoff insbesondere für Aufgaben der Treibhausberichterstattung sowie als Baseline für Modellierungen im Rahmen des Schutzes der bodenorganischen Substanz zur Verfügung.

Literatur

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) 2006: Nutzungsdifferenzierte Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000 N2.3). – Auszugskarten Acker, Grünland, Wald; Digit. Archiv FISBo BGR; Hannover und Berlin

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2007: Karte der Gehalte organischer Substanz in Oberböden Deutschlands. Digit. Archiv FISBo BGR; Hannover und Berlin

2-4
Bodenzustandserhebung Landwirtschaft für die Klimaberichterstattung

Clemens Siebner, Andreas Gensior, Annette Freibauer & Heiner Flessa;
Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, von Thünen-Institut, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, clemens.siebner@vti.bund.de

Böden reichern postmortale organische Substanz an, die landläufig als Humus bezeichnet wird. Die angereicherte bzw. max. anzureichernde Humusmenge im Boden ist abhängig von den jeweiligen standortspezifischen Randbedingungen (z.B. Ausgangsgestein, Bodenart, Klima, Vegetation usw.). Humus besteht zu 50-60 % aus Kohlenstoff, welcher durch Mikroorganismen leicht in Treibhausgase (THG), im Wesentlichen CO_2, umgesetzt werden kann. Die Festlegung bzw. Freisetzung von Treibhausgasen geschieht vor allem im Zusammenhang mit Veränderungen der standortspezifischen bodenbildenden Faktoren z.B. Klimaveränderungen, Erosion, Veränderungen im Wasserdargebot, Landnutzungsänderungen, Landnutzung, Bewirtschaftungsmethoden usw., alles Faktoren, die laufend vom Menschen beeinflusst werden und daher berichtspflichtige Auswirkungen auf den THG-Haushalt haben.
Um regelkonform über die Veränderungen der Bodenkohlenstoffvorräte berichten zu können, wird eine Bodenzustandserhebung auf allen landwirtschaftlich genutzten Flächen durchgeführt. Ziele dabei sind

1. eine flächenscharfe, georeferenzierte, verifizierte Karte der Humusvorräte der Bundesrepublik Deutschland zu generieren, als verifizierte, zeitgenaue und flächenscharfe Grundlage zur
   - Quantifizierung der aktuellen Kohlenstoffvorräte in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands
   - Quantifizierung der Auswirkungen von Landnutzung, Landnutzungsänderung und Bewirtschaftungsfaktoren auf die organische Substanz im Boden
   - Berechnung der Veränderungen im Kohlenstoffhaushalt von Böden mittels mathematischer Modelle
   - Quantifizierung der Unsicherheiten
2. um mit einer Wiederholungsinventur (siehe Bodenzustandserhebung Wald) die Veränderungen im Kohlenstoffinventar und damit die tatsächlichen THG- Emissionen quantifizieren können
3. mit den begleitenden Erhebungen die Veränderungen der Kohlenstoffvorräte durch verändertes Klima oder Landnutzungsmanagement in landwirtschaftlich genutzten Böden für die Politikberatung vorhersagen zu können

Die Inventur wird analog und parallel zur BZE Wald durchgeführt: Die Messstellen liegen im 8x8 km Raster vor. An jeder Messstelle wird via Satellitenbeprobung die kleinräumige Variabilität erfasst, um die Datenunsicherheit zu erhöhen. Gemessen wird neben dem Kohlenstoffgehalt der Böden und der Bodendichte, welche zur Vorratsberechnung unablässig sind, weitere Parameter zur räumlichen Extrapolation der Daten und zur Modellentwicklung für Vorhersagen der Vorratsentwicklung. Dazu wird ein Fragebogen für die Flächenbesitzer (Landwirte) entwickelt, mit dem zum einen für die Bodenzustandserhebung geworben wird und zum anderen weitere Daten zum Management erfragt werden.

2-5
Kohlenstoffvorräte und - flüsse in bayerischen Waldböden

Wolfgang Falk, Alfred Schubert, Christoph Schulz;
Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Am Hochanger 11,
D-85354 Freising, Wolfgang.Falk@lwf.bayern.de

Im Mittelpunkt der Diskussion der derzeitigen Klimaänderung steht der globale Kohlenstoffkreislauf, da die steigenden CO_2-Konzentrationen den größten Beitrag zur Erderwärmung liefern. Die LWF schließt Wissenslücken bezüglich des Mediums Boden in mehreren Programmen und auf unterschiedlichen Skalen.

Die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) liefert repräsentative Ergebnisse zur Abschätzung der Kohlenstoffvorräte und Verteilung in Bayern (372 Punkte im Wald, 8 km Raster). Ein Vergleich der Vorratsänderung zur BZE 1 ist in Bayern nur bedingt möglich, da das Messraster aus Gründen der Vereinheitlichung verlegt wurde. Zeitliche Änderungen der Kohlenstoffvorräte können aber an den 77 Bodendauerbeobachtungsflächen im Wald (BDF) beobachtet werden. Die Flächen repräsentieren typische Forstbestände in Bayern und werden regelmäßig im Abstand von ca. 15 Jahren beprobt (Schubert, 2002). In beiden Untersuchungen wird der Gesamtkohlenstoff gemessen, eine C-Fraktionierung erfolgt aus Kostengründen nicht. Die Mediane der C-Vorräte bis 30cm unterscheiden sich nur wenig zwischen BDF 1, BZE 1 und BZE 2, sie liegen bei 76,6, 77,6 und 78,4 t C/ha (Stichproben von 77, 424 und 372).

Jährliche Veränderungen der Kohlenstoffspeicher im Wald können mit Daten der Bayerischen Waldklimastationen (Level-II Flächen) abgeschätzt werden. Durch die Messung des wöchentlichen Zuwachses oder des monatlichen Streufalls stehen neben den Vorräten auch hochaufgelöste Daten für wichtige Kohlenstoffflüsse zur Verfügung. 2006 wurde im Rahmen eines Demonstrationsprojektes des EU-Programmes Forest Focus an sechs Stationen mit der wöchentlichen Messung der Bodenrespiration begonnen (Meiwes et al., 2007). Durch die dauerhafte Beobachtung und Gegenüberstellung von Zufuhr (Zuwachs und Streu, allerdings ohne Wurzelstreu) und Verlusten (heterotrophe Respiration) kann die Veränderung des Kohlenstoffspeichers im Boden abgeschätzt werden und in Verhältnis zu den gemessenen Umweltfaktoren (Witterung, Bodenfeuchte, Stoffdeposition) gesetzt werden. Des Weiteren können die Ergebnisse zur Validierung von Kohlenstoffmodellen verwendet werden.

Literatur

Meiwes, K.-J., Badeck F. W., Beese F., Berthold D., Einert P., Jochheim H., Kallweit R., Konopatzky A., Lasch P., Meesenburg H., Puhlmann M., Raspe S., Schulte-Bisping H., Schulz C., Suckow, F. (2007): Kohlenstoffumsatz in Waldökosystemen und deren Böden. Parametrisierung, Kalibrierung und Validierung von Modellen. AFZ / Der Wald(20/2007): 1076-1078

Schubert, A. (2002): Bayerische Waldboden-Dauerbeobachtungsflächen – Bodenuntersuchungen. Forstliche Forschungsberichte, München 2002, Nr. 187, 232 S.

2-6
Veränderung der C-Vorräte in brandenburgischen Waldböden - mögliche Rolle des Klimawandels

Winfried Riek, Reinhard Kallweit
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, Alfred-Möller-Str.1, 16225 Eberswalde,
winfried.riek@lfe-e.brandenburg.de

Die bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald im 8x8 km-Grundraster wurde in Brandenburg in den Jahren 1991/1992 (BZE-1) sowie 2006 (BZE-2) durchgeführt. Die Veränderung des im Boden gespeicherten Kohlenstoffvorrats kann als Differenz der Werte von BZE-1 und BZE-2 bilanziert werden. Hierbei sind methodische Unterschiede zwischen der Erst- und Wiederholungsinventur (Probennahmedesign, Laboranalytik) zu berücksichtigen und hinsichtlich systematischer Effekte auf das Ergebnis der Bilanz zu überprüfen.

Im Zeitraum zwischen BZE-1 und BZE-2 hat sich die Humusqualität der untersuchten Standorte signifikant verändert (Tab.1). Die Gegenüberstellung der C- und N-Mengen zeigt eine Zunahme der Kohlenstoff- bei relativer Konstanz der Stickstoffvorräte, so dass aktuell weitere C/N-Verhältnisse zu verzeichnen sind als zur Zeit der BZE-1.

Die Zunahme der Kohlenstoffvorräte, die insbesondere auch im Mineralboden auftritt, lässt sich nicht durch labormethodische Unterschiede der beiden Erhebungen erklären. Die Verfahren für die C- und N-Bestimmung unterscheiden sich zwar (BZE-1: nasschemisch, BZE-2: elementaranalytisch), doch zeigen die im Rahmen der Qualitätskontrolle durchgeführten Parallelanalysen an über 400 Proben keine systematischen Differenzen. Verfahrensunterschiede bei der Entnahme der Bodenproben (einschließlich der Ermittlung der Feinbodenmenge) kommen ebenfalls nicht als Erklärungsursache für die C-Zunahme in Betracht, zumal sich die mittleren N-Gehalte der Proben nicht unterscheiden.

Die Befunde weisen auf eine verringerte Mineralisation der organischen Bodensubstanz hin. Als mögliche Erklärungsursachen für die Humuszunahme im Mineralboden kommt die erhöhte Wurzelmasse in unterbauten Kiefernbeständen in Verbindung mit häufiger Sommertrockenheit während der vergangenen Jahre in Betracht. Die zunehmenden Trockenphasen führten oft schon zu Beginn der Vegetationsperiode zur Austrocknung des Oberbodens, welcher aufgrund seiner Hydrophobie in den Folgemonaten kaum wieder befeuchtet wird. Nach sommerlichen Niederschlägen wird das Sickerwasser aufgrund der Benetzungshemmung der humosen Bodenbereiche durch bevorzugte Leitbahnen schnell abgeführt. Der für die Mineralisation wichtige Wechsel von Trocken- und Feuchtphasen wird dadurch seltener wirksam.

Tab.1: Vergleich der Kohlenstoffvorräte zwischen BZE-1 und BZE-2 (n=121)

	t/ha		
	Arithmetischer Mittelwert	*SD*	*Median*
BZE-1	59.5	27.0	53.6
BZE-2	82.4	26.8	75.6
Unterschied	22.9		22.0
Änderung pro Jahr	1.5		1.5

2-7
CH_4-Aufnahme in Waldböden mit unterschiedlicher Buchenhäufigkeit

Anja Guckland, Heiner Flessa, Jürgen Prenzel
Ökopedologie der gemäßigten Zonen, Büsgenweg 2, 37077 Göttingen, aguckla@gwdg.de

Durchlüftete Waldböden sind eine signifikante Senke für atmosphärisches Methan (CH_4). Bodeneigenschaften, lokales Klima und Baumarten können diese Senke für CH_4 beeinflussen. Eine Zwei-Jahres Studie wurde durchgeführt in einem Laubmischwald im Nationalpark Hainich um die Senkenstärke dieses Waldes für atmosphärisches CH_4 zu quantifizieren und um die Hauptfaktoren zu bestimmen, die die saisonales, jährliche und räumliche Variabilität der CH_4-Aufnahme durch diese Waldböden kontrollieren.

Der Nettoaustausch von CH_4 wurde mit geschlossenen Hauben auf 18 Plots in drei Beständen gemessen, die unterschiedliche Buchenhäufigkeiten (*Fagus sylvatica* L.) aufwiesen und die sich hinsichtlich der Bodenacidität, der Bodentextur und der Mächtigkeit der organischen Auflage unterschieden.

Die jährliche CH_4-Aufnahme lag bei 2,0 bis 3,4 kg CH_4-C ha^{-1}. Die zeitliche Variation der CH_4-Aufnahme konnte zu einem großen Teil (R^2 = 0,71) mit der Änderung des Wassergehaltes in den obersten 5 cm des Mineralbodens erklärt werden. Unterschiede in der Jahresaufnahme zwischen den Flächen resultierten vorwiegend aus der räumlichen Variabilität des Tongehaltes in 0-5 cm (R^2 = 0,50). Während der Vegetationsperiode (Mai bis September) sank die CH_4-Aufnahme mit zunehmenden Niederschlägen. Geringe CH_4-Aufnahmeraten im Winter wurden zusätzlich durch Bodenfrost und Schneeauflage reduziert. Es gab keinen Hinweis auf einen signifikanten Einfluss der Bodenacidität, der Nährstoffverfügbarkeit, der Mächtigkeit der Humusauflage oder der Buchenhäufigkeit auf die Nettoaufnahme von CH_4 in diesem Laubwald.

Für eine zuverlässige großräumige Abschätzung der CH_4-Senkenstärke dieses Laubwaldes sind detaillierte Informationen über die räumliche Verteilung der Tongehalte im obersten Mineralboden von großer Bedeutung. Aus den Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass die Klimaveränderung mit dem Trend zu trockeneren Sommern und wärmeren Wintern in steigende CH_4-Aufnahmeraten in dieser Region resultieren wird.

2-8
Kohlenstoffspeicherung in Gleyen und Gley-Podsolen in Abhängigkeit von Landnutzungsform und -dauer

Marie Spohn und Luise Giani
AG Bodenkunde, Fakultät V, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 26121 Oldenburg
marie.spohn@uni-oldenburg.de

Mineralische hydromorphe Böden spielen eine wichtige Rolle im terrestrischen Kohlenstoffkreislauf. Es wird angenommen, dass sie, ähnlich wie organische hydromorphe Böden, sehr sensibel auf Änderungen der Landnutzung reagieren. Bisher liegen jedoch kaum Untersuchungen über ihre Quellen- bzw. Senkenfunktion im Kohlenstoffkreislauf vor.

Ziel der Untersuchung war es daher, die Auswirkungen von Umnutzung von Grünland auf Acker auf die organische Bodensubstanz in mineralischen hydromorphen Böden anhand einer 220 Jahre zurückreichenden Chronosequenz von Gleyen und Gley-Podsolen zu untersuchen. Als Referenz wurden sandige Gleye und Gley-Podsole unter Dauergrünland und unter Dauer- und Altwald analysiert. Quantifiziert wurden C_{org}, Glomalin, Kohlenhydrate und wasserstabile Aggregate in den oberen 20 cm von über 70 Gleyen und Gley-Podsolen im Artland (Nordwestdeutschland). Ergänzend wurde die Lagerungsdichte, die Korngrößenverteilung und das oxalatlösliches Fe und Al bestimmt.

Es zeigte sich, dass die Lagerungsdichte der Böden, ihre Kohlenstoffvorräte sowie der mittlere Durchmesser der wasserstabilen Aggregate stark signifikant mit der Dauer der ackerbaulichen Nutzung korrelierten. Die Lagerungsdichte der Böden stieg innerhalb von 25 Jahren ackerbaulicher Nutzung von 0,95 auf 1,45 an. Der Gehalt an C_{org} nahm innerhalb von 50 Jahren ackerbaulicher Nutzung um 75% (von 40 auf 10 g/kg) ab, und die Glomalinkonzentration ging um 70% (von 7,9 auf 2,3 mg/g) zurück. Auch der Kohlenhydratgehalt sank während der ersten 50 Jahre der ackerbaulicher Nutzung der Böden auf 30% des ursprünglichen Gehalts (von 20 auf 5 mmol/g Glukose-Äquivalent). Es zeigte sich, dass 95% der organischen Bodensubstanz aggregiert vorlagen. Der mittlere Durchmesser der wasserstabilen Aggregate (*MWD*) nahm mit ebenfalls signifikanter Korrelation zur Dauer der ackerbaulichen Nutzung der Böden ab, und zwar um 70% (von 1,5 auf 0,5 mm).

Der Tongehalt sowie die Konzentration des oxalatlöslichen Fe und Al waren in allen analysierten Böden sehr gering (unter 6% Ton, bzw. (mit Ausnahme der Waldstandorte) weniger als jeweils 5 mg/g Fe und Al). Sorption als Stabilisierungsmechanismus der organischen Bodensubstanz spielt somit nur eine untergeordnete Rolle. Dies unterstreicht die Relevanz der Aggregierung als physikalische Stabilisierung der organischen Bodensubstanz im oberen Horizont der Gleye und Gley-Podsole.

Im Vergleich der Kohlenstoffvorräte unter Dauergrünland zu denen unter Altwald zeigte sich, dass die Böden unter Wald (seit mindestens 1860) im Durchschnitt 70 (± 9) g/kg C_{org} enthielten. Dauerwaldstandorte (bewaldet seit mindestens 1790) mit altem Buchenbestand wiesen sogar bis zu 160 g/kg C_{org} im Mineralboden auf.

Die Ergebnisse zeigen einen engen Zusammenhang zwischen der Landnutzung, dem organischen Kohlenstoff der Böden, dem Mykorrhzia-Protein Glomalin und der Aggregierung der Böden. Darüber hinaus belegen sie, dass die Landnutzung gravierende Auswirkungen auf die Kohlenstoffspeicherung in Gleyen und Gley-Podsolen hat, und ein Gründlandumbruch auf diesen Böden mit der Mineralisierung von erheblichen Mengen an organischer Substanz verbunden ist. Im Sinne des Klimaschutzes ist es daher dringend zu empfehlen, bestehende Grünlandflächen und Waldstandorte zu erhalten. Gleichzeitig macht die Untersuchung deutlich, dass Gleye und Gley-Podsole auch durch Aufforstung zu potenten Senken für CO_2 werden können.

2-9
Bewertung chemischer Fraktionierungsverfahren zur Gewinnung stabiler Pools der organischen Bodensubstanz

Mirjam Helfrich, Bernard Ludwig, Robert Mikutta, Alexander Dreves & Heiner Flessa
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, mirjam.helfrich@vti.bund.de

Die organische Bodensubstanz (OBS) besteht aus einer Vielzahl an Pools unter-schiedlicher Stabilität. Insbesondere der so genannte stabile Kohlenstoff (C), welcher den Großteil der OBS ausmacht, ist aufgrund seiner langsamen C-Umsatzzeit essentiell zur Gewährleistung einer langfristigen C-Sequestrierung im Boden. Die Eignung von fünf chemischen Fraktionierungsverfahren für den Erhalt stabiler C-Pools (Hydrolyse, nasse Oxidation mit H_2O_2, $Na_2S_2O_8$ und NaOCl, sowie Demineralisierung des NaOCl-Rückstandes (NaOCl+HF)) wurde an einem schluffigen Lehm (Stagnic Luvisol) unter-schiedlicher Landnutzung (Acker, Dauergrünland und Fichtenforst) getestet. Frische Pflanzenreste wurden vor der chemischen Fraktionierung mittels Dichtefraktionierung abgetrennt. Die Stabilität der erhaltenen C-Fraktionen wurde durch ^{14}C Analysen und anhand der natürlichen ^{13}C Abundanz in einem Maisacker (C_3-C_4-Vegetationswechsel) ermittelt. Eine weitere Anforderung an einen stabilen C-Pool mit Umsatzzeiten von hunderten bis tausenden von Jahren ist die Unabhängigkeit von der aktuellen Landnutzung, welche anhand der Poolgrößen nach chemischer Fraktionierung in den Böden mit heutzutage unterschiedlicher Landnutzung überprüft wurde. Alle chemischen Fraktionierungsverfahren waren in der Lage, jungen, maisbürtigen C präferenziell zu entfernen, wobei die Oxidationsverfahren mit H_2O_2 und $Na_2S_2O_8$ am effizientesten waren. Die mittleren ^{14}C Alter (Jahre BP) stiegen in der Reihenfolge NaOCl (1110) < NaOCl+HF (2276) < Hydrolyse (2777) << H_2O_2 (8243) < $Na_2S_2O_8$ (10.203). Die C-Gehalte nach chemischer Fraktionierung waren nach Oxidation mit H_2O_2 und $Na_2S_2O_8$ (1,0–1,6 g kg^{-1}) unabhängig von der aktuellen Landnutzung, nicht jedoch nach Behandlung mit NaOCl (1,7–4,2 g kg^{-1}), NaOCl+HF (0,8–2,6 g kg^{-1}) oder Hydrolyse (1,7–2,7 g kg^{-1}). Ein Vergleich der C-Pools nach chemischer Fraktionierung mit dem mittels Rothamsted Carbon Modell und Isotopendaten kalkulierte Gehalt des untersuchten Bodens an inerter organischer Substanz (IOS: 0,6 g kg^{-1}) zeigte, dass sich keine der isolierten Fraktionen als IOS Pool für das Rothamsted Carbon Modell eignet.

2-10
Sustained stimulation of soil respiration and CO_2 release from an agricultural soil after 10 years of experimental warming

Jean Charles Munch[1], Wolfgang Graf[1], Markus Reichenstein[2], Sascha Reth[1*]
[1]Helmholtzzentrum München, Institut für Bodenökologie, Ingolstädter Landstrasse 1, 85765 Neuherberg
[2]Max-Planck-Institute for Biogeochemistry Jena, Biogeochemical Model-Data Integration Group (SNWG), Hans-Knöll-Str. 10, 07745 Jena, Germany
*UGT GmbH-Niederlassung Süd, Lise-Meitner-Str.30, 85354 Freising
munch@helmholtz-muenchen.de

A number of forest and grassland studies indicated that stimulation of the soil respiration by soil warming ceases after a couple of years (Luo et al 2001). A long-term soil warming lysimeter experiment (soil monolythes from an agricultural field, $1m^2$ x 2 Meter depth, temperature = ambient + 3°C; with a regionally usual crop rotation with 5 crops) was conducted in southern Germany. It results in a sustained stimulation of soil respiration after 10 years. Moreover, both warmed and control treatments exhibited a similar temperature response of soil respiration indicating that adaptation in terms of temperature sensitivity was absent. Carbon dioxide concentration measurements within the profiles are supporting these findings. The increased soil respiration occurred although vegetation productivity in the warmed treatment was not higher than in the control plots. These findings strongly contrast current soil carbon modeling concepts, where carbon pools decay according to first-order kinetics, and thus a depletion of labile soil carbon pools leads to an apparent down-regulation of microbial respiration (Knorr et al 2005). Consequently, the potential for positive carbon-climate cycle feedback may be larger than represented in current models of soil carbon turnover and in general assessments.

Literatur

Knorr W, Prentice I C, House J I and Holland A 2005 Long-term sensitivity of soil carbon turnover to warming Nature 433 298-301

Luo Y, Wan S, Hui D and Wallace L L 2001 Acclimatization of soil respiration to warming in a tall grass prairie Nature 413 622 - 5

Reth S. Graf W, Reichenstein M, Munch J.C. 2009 Sustained stimulation of soil respiration after 10 years of experimental warming Environmental Research Letters in press

2-11
Einfluss von Klima und Bewirtschaftung auf den Kohlenstoffhaushalt im Boden

Uwe Franko, Ekkehard Liess, EnricoThiel und Hartmut Kolbe
Uwe Franko, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung UFZ, Theodor Lieser-Straße 4, 06120 Halle, u-we.franko@ufz.de

Am Beispiel von drei Standorten in Sachsen (Sandboden und Lößboden im Tiefland und Verwitterungsboden im Erzgebirgsraum) wird mittels Modellsimulationen untersucht, welchen Einfluss die zu erwartenden Klimaveränderungen in Verbindung mit verschiedenen Landnutzungsvarianten auf die Speicherung von Kohlenstoff im Boden haben. Das Klimaszenario umfasst den Zeitraum von 1961 bis 2050 und beruht auf nach dem WETTREG-Ansatz regionalisierten Klimarechnungen mit dem ECHAM5 Modell.

Die hier untersuchten Bewirtschaftungsszenarien umfassen neben dem Standard ‚business as usual', der als Referenz dient und einer Einheitsfruchtfolge, die auf allen Standorten gleich war, verschiedene Intensivierungsgrade vom ökologischen Landbau über intensive Markfrucht und Veredlungsbetriebe bis zum Energiepflanzenanbau. Die Simulationen erfolgten mit dem CANDY-Modell, dessen Startwerte so gewählt wurden, dass die Standardfruchtfolge für den Zeitraum 1961-2000 einen stationären Humusspiegel aufwies. In Ermangelung konkreter Anfangsbedingungen erschien diese Annahme am plausibelsten, um die Folgen veränderter Landnutzung bewerten zu können. Das CANDY-Modell berechnet in Form der ‚biologic active time' (BAT) einen wichtigen Indikator, der die Wirkung des untersuchten Szenarios auf die Umsatzbedingungen direkt beschreibt. Dabei fällt für den D-Standort ein von den beiden anderen Standorten abweichendes Verhalten auf. Die rückläufige Niederschlagsintensität führt verstärkt zu Trockenstress bei den Bodenorganismen und bewirkt damit trotzt stimulierender Wirkung der ansteigenden Lufttemperaturen eine Reduktion der Umsatzintensität.

Die einzelnen Szenarien unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf die Humusreproduktion, wobei die Rangfolge weitgehend unabhängig von den untersuchten Standorten ist. Unterstellt man, dass durch die hier betrachtete Standardvariante eine aktuell ‚normale' Humusversorgung gegeben ist, dann kann der erwartete Ertragsanstieg zunächst den Humusverlust kompensieren. Zunehmend sind aber Importe von organischer Substanz erforderlich – oder die Umwidmung zu Grünland - um diesen Humusspiegel zu erhalten. Je mehr organische Substanz bzw. Energie vom Feld heruntergefahren wird, umso größer fällt der Humusverlust aus. Intensive Nutzung der Biomasse für Energieproduktion lässt Humusverluste von mehr als 10% erwarten. Dies würde sich natürlich auch auf weitere Bodeneigenschaften negativ auswirken. Anders als der langfristig realisierbare Energiegewinn durch die externe Verwertung, bleibt der Humusverlust aber durch das mittelfristige Erreichen eines neuen stationären Niveaus beschränkt.

2-12
Umwandlung Acker zu Grünland – C-Sequestrierung?!

Axel Don; Thomas Scholten; Ernst-Detlef Schulze
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Email: axel.don@vti.bund.de

Mit der Umwandlung von Ackerland in Grünland wird eine Erhöhung der Bodenkohlenstoffvorräte erwartet und damit eine positive Klimabilanz. Die meisten Studien die diesen Effekt belegen haben aber nur den Oberboden bis in wenige Zentimeter Tiefe beprobt. Das Potential für die C-Sequestrierung im Unterboden ist unzureichend untersucht. Unterböden sich reich an Mineraloberflächen an denen Kohlenstoff im Boden stabilisiert werden kann.
In einer Fallstudie wurden zwei Standorte in Thüringen (Mehrstedt und Kaltenborn) beprobt, jede mit einem Grünland und einem Acker. Das Grünland entstand durch Umwandlung aus einem Acker vor 23 bzw. 27 Jahren. Beide Standorte wurden bis in 60 cm Tiefe beprobt und an den Proben wurde C- und N-Gehalt, ^{13}C und ^{14}C, Trockenrohdichte und unterschiedliche physikalische C-Fraktionen (Dichtefraktionierung) bestimmt.

Potential von Unterböden zur C-Sequestrierung

Die Umwandlung von Acker zu Grünland führte auf keiner der beiden Flächen zu signifikanten Veränderungen der C-Vorräte im Boden, aber zu einer veränderten vertikale C-Verteilung (Don et al., 2009). Hohe C-Vorräte wurden unterhalb der Pflugsohle auf den tonreichen Böden der Ackerfläche Mehrstedt gefunden. Die Quell- und Schrumpfdynamik der Tonminerale und die Bodenbearbeitung auf dem Acker führten zu einem beschleunigten C-Transport in den Unterboden. ^{14}C Altersbestimmungen des organischen Kohlenstoffs bestätigten diese Hypothese. Nur im obersten Bodenhorizont auf der Grünlandfläche Kaltenborn sind die mineralischen Oberflächen C-gesättigt und können deshalb keinen zusätzlichen Kohlenstoff physikalisch stabilisieren. Die großen ungesättigten mineralischen Oberflächen der Unterböden stellen ein ungenutztes Potenzial zur Stabilisierung und Speicherung von zusätzlichem Kohlenstoff dar.

Literatur

Don, Axel; Scholten, Thomas; Schulze, Ernst-Detlef (2009): Conversion of cropland into grassland - implications for soil organic carbon stocks in two soils with different texture. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Vol. 172, pp. 53–62.

2-13
Feuchter oder trockener? - Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion

Detlef Deumlich, Roger Funk & Michael Sommer
Inst. f. Bodenlandschaftsforschung; LEIBNIZ-ZENTRUM für AGRARLANDSCHAFTSFORSCHUNG (ZALF) e.V., Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg, Tel.: ++4933432 82329, e-mail: bo@zalf.de

Bodenerosion ist ein durch Wind oder Wasser verursachter Prozess, der beim Zusammentreffen begünstigender Faktoren zur Verlagerung von Boden in Wasser oder Luft erfolgt. Dabei vollziehen sich ähnlich sortierende Prozesse der Korngrößen in Relation zur kinetischen Energie der Transportmedien. Ausdruck für den Nahtransport sind z.B. Sedimentationsareale in Form von Schwemmfächern oder Dünen, in denen sich die gröberen Fraktionen ablagern. Feineres Material gelangt in Suspension über größere Distanzen in andere Räume (Ferntransport als Staub oder Schweb). Starke Schäden an Boden und Infrastruktur sind bei Extremereignissen keine Seltenheit.
Die verschiedenen vom Intergovernmental Panel for Climate Change (Weltklimarat) gerechneten Klimaveränderungen auf Basis künftiger Emissionsszenarien geben Hinweise zu Änderungen des Erosionsgeschehens. Der bereits heute ersichtliche Trend zur Zunahme von Extremereignissen wird sich fortsetzen. Hierbei ist es nicht die Anzahl sondern die Intensität der Ereignisse, die zur Verstärkung führen. Zusätzlich resultieren die Klimaszenarien in einer saisonalen Verschiebung der klimatischen Erosivität beider Erosionsarten. Klimaprojektionen bis ins Jahr 2100 weisen aus, im Nordosten wird es wärmer und feuchter im Winter, während die Sommer trockener werden könnten. Gefährdungszeiträume ändern und verschieben sich: für die Winderosion ergibt sich eine Abschwächung im Frühjahr und eine Zunahme im Spätsommer, Wassererosion kann häufiger im Winter eintreten.
Dagegen schützend wirkt allein eine durch Pflanzen oder deren Rückstände vollständig bedeckte Bodenoberfläche. Darauf orientierende Anpassungsstrategien werden zur Zeit entwickelt. Flächenmanagement und Züchtung besitzen die aussichtsreichsten Potentiale. Schwierigkeiten bei der Überführung in die Praxis resultieren meist aus ökonomischen Zwängen.

2-14
Emissionsinventar LULUCF/AFOLU
-THG-Emissionen in Deutschland infolge von Landnutzung und Landnutzungsänderung-
Poster 1: Hintergrund und Methodik

Andreas Gensior, Andreas Laggner, Clemens Siebner, Dieter Haenel, Claus Rösemann und Annette Freibauer
vTI, Institut für agrarrelevante Klimaforschung, AG Emissionsinventare, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,
andreas.gensior@vti.bund.de

Als Unterzeichnerstaat mehrerer internationaler Vereinbarungen zum Klimaschutz (**U**nited **N**ations **F**ramework **C**onvention on **C**limate **C**hange (UNFCCC 1992), Kyotoprotokoll (1997), EU-Entscheidungen, vor allem 280/2004 EG) hat sich Deutschland verpflichtet, jährlich nationale Emissionsinventare zu Treibhausgasen zu erstellen, periodisch auf den neuesten Stand zu bringen, zu veröffentlichen und der Vertragsstaatenkonferenz verfügbar zu machen (Klimaberichterstattung). Die Inventarerstellung und Klimaberichterstattung hat nach strikten Vorgaben hinsichtlich ihrer Form, Inhalte und Methoden zu erfolgen (IPCC 1996, 2003, 2006) für die sechs Berichtssektoren (1) Energie, (2) Industrieprozesse, (3) Lösemittel und andere Produktverwendung (4) Landwirtschaft, (5) Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) und (6) Abfall. Gegenstand des Posters ist im Wesentlichen der Berichtssektor 5. In diesem Sektor muß über die Emissionen bzw. die Festlegung von CO_2, aber auch N_2O, CH_4, NO_x und CO berichtet werden, die anthropogen durch Landnutzung, Landnutzungsänderung und forstwirtschaftliche Aktivitäten verursacht werden (IPCC 1996). Berichtet werden muss über Veränderungen in den Pools Boden, ober- und unterirdische Biomasse sowie Totholz und Streu für die Landnutzungskategorien Wald, Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete, Siedlung und Verkehr und anderes Land. Ausgeführt werden außer den Hintergründen die Methodik des deutschen Berichtssystems, insbesondere der „wall to wall“ - Ansatz und auf diesem basierende Berechnungssysteme zur Abschätzung der THG-Emissionen.

2-15 / 2-16
Emissionsinventar LULUCF/AFOLU
-THG-Emissionen in Deutschland infolge von Landnutzung und Landnutzungsänderung-
Poster 2: Ergebnisse allgemein / Poster 3: Ergebnisse regional

Andreas Gensior, Andreas Laggner, Clemens Siebner, Dieter Haenel, Claus Rösemann und Annette Freibauer
vTI, Institut für agrarrelevante Klimaforschung, AG Emissionsinventare, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,
andreas.gensior@vti.bund.de

Die Emissionen infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung und Landwirtschaft betrugen in Deutschland im Jahre 2007 113.988.964 Tonnen CO_2-Äquivalente. Dies entspricht 11,2 % der Gesamtemissionen. Dem eigentlichen LULUC-Sektor entstammen 62.509.501 Tonnen CO_2-Äquivalente, entsprechend 6,1 % der Gesamtemissionen.
Aufgeteilt auf die Landnutzungskategorien sind die Emissionen aus dem Ackerland >> Grünland > Siedlung >> Feuchtgebiete >> anderes Land. Aufgewogen werden diese Emissionen allerdings durch die Festlegung von CO_2 in der Biomasse der Wälder, die derzeit bei 79.414650, so dass der LULUCF-Sektor derzeit als Senke zu werten ist (-16.127,66 CO_2-Äquivalente). Übergeht man die künstliche Trennung und wertet die Sektoren 4 und 5 gemeinsam, ergibt sich für das Jahr 2007 eine Quelle, mit Nettoemissionen von 35.351.800 Tonnen CO_2-Äquivalenten.
Die Emissionen im LULUCF- und Landwirtschaftssektor entstammen hauptsächlich den Böden, wobei die organischen Böden mehr als 95 % der Emissionen aus diesen bedingen und den absoluten Hot Spot darstellen. Die Emissionen aus den Landnutzungskategorien Ackerland, Grünland, Siedlung und Landwirtschaft sind so hoch, dass sie als Hauptquellgruppen im Deutschen Inventar ausgewiesen werden müssen und besonderer Be(ob)achtung unterliegen. Die CO_2-Emissionen sind mit 62.684.110 Tonnen ungefähr doppelt so groß wie die Lachgasemissionen mit 29.669.720 Tonnen CO_2-Äquivalenten, bzw. ungefähr dreimal so hoch wie die Methanemissionen 22.471.930 Tonnen CO_2-Äquivalenten. Gemessen an den Gesamtemissionen Deutschlands an diesen THG, beträgt der Anteil aus diesen beiden Sektoren an CO_2 7,6 %, an N_2O 53,1 % und an CH_4 52,8 %. Dies verdeutlicht, dass der AFOLU-Sektor bundesweit Hauptverursacher von Lachgas- und Methanemissionen ist.
Das Poster 2 stellt derartige Ergebnisse und Analysen aggregiert für die Bundesrepublik Deutschland dar, Poster 3 regional, disaggregiert bis auf Gemeindeebene.

2-17
Verbundprojekt „Organische Böden“ – Ermittlung und Bereitstellung von Methoden, Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren für die Klimaberichterstattung LULUCF/ AFOLU

Tiemeyer, Bärbel; Gensior, Andreas und Annette Freibauer
Johann Heinrich von Thünen-Institut – Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, baerbel.tiemeyer@vti.bund.de

Verbundpartner:
Matthias Drösler (Koordinator), Technische Universität München, Lehrstuhl für Vegetationsökologie; Jürgen Augustin, ZALF - Institut für Landschaftsstoffdynamik, Müncheberg; Sabine Fiedler, Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre; Stephan Glatzel, Universität Rostock, Institut für Management ländlicher Räume; Heinrich Höper, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover; Hans Pretzsch und Thomas Rötzer, Technische Universität München, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde; Michael Sommer, ZALF - Institut für Bodenlandschaftsforschung, Müncheberg; Jutta Zeitz, Humboldt Universität Berlin; Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH & Frank Edom, HYDROTELM Dresden

Nach derzeitigen Schätzungen (NIR, 2007) emittieren organische Böden in Deutschland 98 % der Netto-CO_2-Emissionen aus Böden, obwohl sie nur ca. 5 % der Landesfläche ausmachen. Gleichzeitig stellen organische Böden die größte Unsicherheit im nationalen Treibhausgasinventar dar. Mit 2-5 % der deutschen Treibhausgasemissionen sind die Moore die größte Quelle außerhalb des Energiesektors und wurden somit als Hauptquellgruppe identifiziert. Damit gelten erhöhte Anforderungen für die Berichterstattung gemäß Kyotoprotokoll, d.h. es müssen national spezifische Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von Klimaregion, Bodentyp, Nutzung und Nutzungsintensität ermittelt und ein vollständiger Satz an Aktivitätsdaten erhoben werden. Eine regelkonforme Berichterstattung ist derzeit allerdings nicht möglich, da zum einen die deutsche Definition von Mooren nicht der internationalen von organischen Böden entspricht und noch dazu keine Daten zu organische Böden, die nach deutscher Definition nicht den Mooren zuzuordnen sind, vorliegen. Des Weiteren müssen landesspezifische Emissionsfaktoren erst noch erhoben werden, da die Datenlage insgesamt lückenhaft bzw. für organische Böden unter Wald nicht existent ist. Flächenbezogene Daten zur Nutzung und zum Wasserhaushalt fehlen generell, und schließlich liegen noch keine Regionalisierungsverfahren zur Übertragung von Punktmessungen auf die Gesamtfläche organischer Böden in Deutschland vor.

Zur Ermittlung und Generierung aller Aktivitätsdaten, Emissionsfaktoren und Verfahren, die für eine vollständige und konsistente Klimaberichterstattung „organische Böden“ gemäß den IPCC-Guidelines erforderlich sind, wurde im Januar 2009 ein Verbundprojekt mit zehn Projektpartnern gestartet. Sowohl im Hinblick auf Handlungsoptionen und die deutsche Verhandlungsposition im weiteren Klimaschutzprozess als auch im Hinblick auf Politikberatung zum zukünftigen Umgang mit organischen Böden ist die Entwicklung von Managementszenarien und Entscheidungshilfen ein weiteres Ziel des Projektes.

Das Projekt besteht aus drei Modulen. Modul 1 umfasst die Erhebung aller Aktivitätsdaten und die Regionalisierung von Modellierungsparametern, insbesondere im Bereich der Hydrologie. Die

entsprechenden Teilprojekte beinhalten die georeferenzierte und nach Bodentypen, Bodeneigenschaften, Hydrologie und Nutzung differenzierte Erfassung von organischen Böden zur Erstellung eines dynamischen Katasters „organische Böden“, die Erhebung der Landnutzung und der Landnutzungsintensität sowie die Ermittlung und Modellierung der hydrologischen Verhältnisse auf Standortebene. In Modul 2 werden landesspezifische Emissionsfaktoren für CO_2, N_2O und CH_4 anhand von manuellen und automatischen Haubenmessungen an insgesamt 11 Standorten mit 59 sites ermittelt. Dabei werden die in Deutschland wichtigsten Typen organischer Böden, Landnutzungen, hydrologischen Verhältnisse und Klimabedingungen abgedeckt. Die Entwicklung bzw. Anpassung, Parametrisierung und Validierung von mathematischen Modellen zur Berechnung der Gasflüsse auf verschiedenen Skalenebenen (lokal bis national) sowie die Modellierung von Managementoptionen (incl. Waldwachstumsmodellierung) und Emissionsminderungsszenarien erfolgt in Modul 3. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Entwicklung von Methoden zur flächendeckenden Regionalisierung der Treibhausgasemissionen sowie zur Quantifizierung der damit verbundenen Unsicherheiten.

Literatur

NIR (2007) Deutsches Treibhausgasinventar 1990 - 2005; Nationaler Inventarbericht 2007. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der vereinten Nationen. Umweltbundesamt. Berlin.

2-18 / 2-19
GHG-exchange in German peatlands - Assessment of the effects of alternative peatland management on mitigation potentials, on farm-level economics and on macroeconomics
Poster 1: concept and approach
Poster 2: first results

Drösler M.[1*], Adelmann W.[1], Augustin J.[2], Bergmann L.[1], Beyer M.[2], Förster C.[1], Freibauer A.[3], Giebels M.[2], Hahn M.[3], Höper H.[4], Kantelhardt J.[5], Liebersbach H.[4], Minke M.[2], Petschow U.[6], Schaller L.[5], Schägner P.[6], Sommer M.[7], Wehrhan M.[7]

1: Vegetation Ecology, Technical University of Munich, Freising, Germany; 2: Leibnitz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF) e.V. Institute for Landscape Matter Dynamics, Müncheberg, 3: Max-Planck-Institute for Biogeochemistry, Jena, 4: State Authority for Mining, Energy and Geology , Hannover, 5: Institute of Agricultural Economics and Farm Management, Technical University of Munich, Freising 6: Institute for Ecological Economy Research, Berlin; 7: Leibnitz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF) e.V. Institute for Soil Landscape Research, Müncheberg,

* Coordinator: droesler@wzw.tum.de +49 (0)8161 713715

GHG-exchange of managed peatlands amount to 2.3-4.5 % of the anthropogenic emissions in Germany (Byrne et al. 2004). Germany is the 7th in European peatland area (European Russia included) but because of intensive landuse and drainage the 2nd in GHG-emisions (Drösler et al. 2008). This creates even in a highly industrialzed country the need to care for GHG-emissions from peatlands. But these numbers are based on rough estimates of a literature review of GHG-fluxes.

Therefore a novel approach (**Poster 1)** of a joint project was set up in 2006, funded by the German Ministry of Education and Research funded the biggest German research project (2006-2010) with seven partner institutions on that topic. In 6 german peatland areas on a range of more than 40 sites, the goals are to

- measure and model GHG-balances over representative german peatlands for the first time with a harmonized technology, including NEE-measurements
- reduce the big uncertainties in GHG-emission estimates
- assess the effects of different landuse types on GHG emission-reductions
- clarify the underlying processes of GHG emissions via laboratory studies
- upscale emission factors to regional and national level
- evaluate the farm-level economic effects of climate friendly landuse types on peatlands
- evaluate the macro-economic effects of climate friendly landuse types on peatlands
- give advice to national and international policymakers in the field of peatlands climate policy

Poster 2: The up to date emission factors differentiate nicely along a gradient of site characteristics like water-table, landuse intensity, vegetation type and soil or peat type. Restoration of peatlands can result in mitigation potentials of up to 15 t CO_2 equ./ha*a in bogs and up to 30 t CO_2 equ./ha*a in fens.

The domestic mitigation potential via peatland restoration is estimated in the range of 35 Mio t CO_2-equivalents (Freibauer, Drösler et al. 2009). However, simple scaling procedures using one indicator are shown to fail because of big uncertainties. But, better emission factors, scaling procedures and socio-economic information will help to improve the estimates of the mitigation potential and the costs along scenarios of landuse-change. Here by fall 2009 more accurate estimates will be available.

Literatur

Byrne, K.A., B. Chojnicki, T.R. Christensen, M. Drösler, A. Freibauer, et al. (2004). EU peatlands: Current carbon stocks and trace gas fluxes. CarboEurope-GHG Concerted Action – Synthesis of the European Greenhouse Gas Budget, Report 4/2004, Specific Study, Tipo-Lito Recchioni, Viterbo, October 2004, ISSN 1723-2236.

Freibauer A., Drösler M., Gensior A., Schulze E.-D. (2009): Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. *Natur und Landschaft*. Heft 01-2009

Drösler M., Freibauer A., Christensen T., Friborg T. (2008): Observation and status of peatland greenhouse gas emission in Europe. In: Observing the continental scale Greenhouse Gas Balance of Europe. Editors; Han Dolman, Riccardo Valentini and Annette Freibauer *Ecological Studies*. Springer. 390 p. ISBN: 0387765689. pp. 243-262.

2-20
Angepasste Landnutzung auf Niedermooren in NO-Deutschland

Jürgen Augustin, Michael Giebels, Madlen Beyer, Merten Minke, Michael Sommer, Bärbel Ehrig, Eva Leitholdt, Bogdan Chojnicki, Radoslaw Juszczak, Tomasz Serba, Janusz Olejnik
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Institut für Landschaftsstoffdynamik, Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg, jaug@zalf.de

Niedermoorböden sind enorme Nähr- und Kohlenstoffspeicher. Daher nehmen sie eine nicht zu unterschätzende Rolle im Kreislauf der klimawirksamen Spurengase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) ein. Über 99 % der Niedermoorböden in Deutschland haben ihre Speicher- und Senkenfunktion durch teilweise intensive landwirtschaftliche Nutzung und den damit verbundenen Drainagen verloren (Charman, 2002; Joosten & Clarke, 2002; Succow & Joosten, 2001; Augustin et al., 1996; Kuntze, 1993). Jedoch kann nur ein Teil landwirtschaftlich genutzter Niedermoorflächen wiederhergestellt werden. Ziel der Forschung ist, alternative Landnutzungstypen zu identifizieren, um die Wirkung klimaschädlicher Spurengase auf genutzten Niedermoorböden zu reduzieren. Daher untersuchen wir den Austausch klimarelevanter Spurengase in unterschiedlichen Landnutzungsformen auf Niedermoorböden an verschiedenen Standorten in Nordostdeutschland. Die Arbeit deckt sowohl intensive Bewirtschaftungsformen wie Maisanbau und intensive Beweidung als auch Formen mit angenommener geringerer Klimawirkung ab, wie extensive Wiesen, Weiden sowie wiedervernässte und renaturierte Niedermoorflächen. Die Standorte werden in regelmäßigen Abständen basierend auf einem Gashaubenmesssystem nach Droesler (2005) untersucht.

Erste Ergebnisse in Westbrandenburg zeigen, dass sich signifikante Unterschiede in der jährlichen Gesamt-CO_2-Bilanz abhängig von der landwirtschaftlichen Nutzung des Bodens ergeben. Überraschend hierbei sind die verhältnismäßig gering klimawirksamen Bilanzen intensiv genutzter Maisflächen. Auf einem kontrolliert wiedervernässten Standort in Mecklenburg-Vorpommern wurden in den ersten Jahren hohe CH_4-Emissionen aufgezeichnet, die sich jedoch von Jahr zu Jahr abschwächen.

Literatur

Augustin, J., Merbach, W., Käding, H., Schnidt, W. & Schalitz, G. 1996. Lachgas- und Methanemissionen aus degradierten Niedermoorstandorten Nordostdeutschlands unter dem Einfluß unterschiedlicher Bewirtschaftung. Alfed-Wegener-Stiftung (ed.): Von den Ressourcen zum Recycling: Geoanalytik-Geomanagement-Geoinformatik. Ernst & Sohn Verlag. Berlin

Charman, D. 2002: Peatland and environmental change. John Wiley & Sons, LTD, Chichester

Droesler, M. 2005. Trace Gas Exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany, phD-thesis, TU München, München

Joosten, H. & Clarke, D. 2002: Wise use of mires and peatlands-background and principles including a framework for decision-making. International Mire Conservation Group and International Peat Society (eds.), Finland

Kuntze 1993: Moore als Senken und Quellen für C und N, Mitt. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft 69, 277-280

Succow, M. & Joosten, H. 2001: Landschaftsökologische Moorkunde, 2nd edition, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

2-21

Auswirkungen einer Sommerdürre auf den Stoffhaushalt von restaurierenden Hochmooren – Die Notwendigkeit der differenzierten Betrachtung von Prozessen und Konsequenzen für die Landnutzung

Prof. Dr. Stephan Glatzel, Dipl.- Geogr. Sascha Beetz
Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Landschaftsökologie und Standortkunde,
Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

In Mitteleuropa gehören zunehmende Sommerdürren zu den Erscheinungsbildern des Klimawandels. Im Sommer 2003 wurde unsere Arbeitsgruppe Zeuge der Auswirkungen von Dürre auf den Stoffhaushalt eines restaurierenden Hochmoores in Nordwestdeutschland am Rande der natürlichen Verbreitungsgrenze der atlantischen Hochmoore in Nordwesteuropa.

Neben meteorologischen und hydrologischen Parametern bestimmten wir den Kohlendioxidefflux, die Methan- und Lachgasfreisetzung und den Chemismus des Porenwassers von verschiedenen Standorten im vormals entwässerten und nun restaurierten Pietzmoor (53°06'N; 9°50'E). Eine experimentelle Wasserspiegel-manipulation an ungestörten Torfkernen in Mesokosmen unterstützte unsere Feldexperimente.

Während der Dürre stellten wir eine Absenkung des Wasserspiegels auf bis zu 42 cm unter Flur fest. Die Kohlendioxidfreisetzung sank und die Unterschiede im Kohlendioxidefflux zwischen Bulten und Schlenken verschwanden. Die Nitrat-N-Konzentration der Porenlösung stieg auf bis zu 22±31mg L^{-1}. Die experimentelle Wasserspiegelabsenkung führte zu einer nachhaltigen Einstellung der Methanfreisetzung, aber auch zu einer Erhöhung der Lachgasfreisetzung bei Wiederbewässerung.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass während der Dürre Wurzeln der Gefäßpflanzen im Moor abstarben und Stickstoff zur Verfügung stellten. Die Aktivität der Bodenmikroorganismen sank jedoch. Unsere Untersuchungen bestätigen Modell-vorstellungen, die bei extremer Trockenheit hohe Kohlendioxidfreisetzungsraten annehmen, nicht. Die Landnutzungsplanung muss daher von fundamental veränderten Stoffumsetzungen unter Dürrebedingungen ausgehen und Optionen die diesen Bedingungen gerecht werden, ausarbeiten.

2-22

Klimaschutz durch Waldmoorschutz:

Renaturierungsmanagement für Waldmoore mit Hilfe des Entscheidungsunterstützungssystems DSS-WAMOS

M. Sc. PBW Christian Klingenfuß, Dipl.-Ing. Bernhard Hasch, Prof. Dr. Jutta Zeitz
Humboldt-Universität zu Berlin, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin, christian.klingenfuss@agrar.hu-berlin.de

Einleitung

Der Schutz von Mooren im Wald dient dem Naturschutz und Klimaschutz gleichermaßen. In Moorbiotopen finden sich einzigartige Tier- und Pflanzenarten, die im Zuge der ausgedehnten Entwässerung der Landschaft in Mitteleuropa selten geworden und stark gefährdet sind. Weil die Entstehung und Erhaltung von Mooren an oberflächennahe Moorwasserstände gebunden ist, dienen Wiedervernässungsmaßnahmen dem Arten- und Biotopschutz. Durch die Anhebung der Moorwasserstände wird jedoch auch der Moorboden vor der Torfmineralisierung bewahrt; oxidative C-Verluste werden vermieden und damit CO_2-Emissionen verhindert. Die Klimabilanz wiedervernässter Moore ist bei langfristiger Betrachtung ausgeglichen oder positiv (DRÖSLER 2008).

Entscheidungsunterstützungssystem DSS-WAMOS

Im Mai 2009 wurde das DBU-Forschungsprojekt *„DSS-WAMOS - eine Decision-Support-System gestützte Managementstrategie für Waldmoore“* abgeschlossen, welches Akteuren der Waldmoorrenaturierung ein internetbasiertes Instrument anbietet, das eine Entscheidungshilfe (**D**ecision-**S**upport-**S**ystem) für ein standortgerechtes Renaturierungs-management darstellt (www.dss-wamos.de). Dazu wurde der aktuelle Forschungsstand, aber auch Praxiserfahrungen aus ganz Deutschland zusammengetragen, ausgewertet und verarbeitet.
Das DSS-WAMOS ist naturschutzfachlich begründet, jedoch ergeben sich Synergieeffekte für den Klimaschutz, die auf dem Poster dargestellt werden. Daneben werden die inhaltlichen Grundstrukturen und die Benutzeroberfläche des DSS-WAMOS im Internet präsentiert. Als Beispiel für die Entwicklungsmöglichkeiten des DSS-WAMOS bezüglich klimarelevanter C-Haushaltsgrößen und Treibhausgasemissionen wird das Flachtenbergmoos / Oberbayern vorgestellt.

Ausblick

Ziel ist eine Weiterentwicklung des DSS-WAMOS um Klimaschutzaspekte für die genauere Einschätzung der Wiedervernässungsmaßnahmen bezüglich der C-Sequestrierung und des Global-Warming-Potentials (GWP), also der dauerhaften Treibhausgasfreisetzung. Die Forschungsergebnisse könnten eine Grundlage für die Klimaberichterstattung oder die Vergabe von Fördergeldern im Waldmoorschutz darstellen. Einzelne Forschungsfelder werden tabellarisch auf dem Poster präsentiert.

Literatur

Couwenberg, J., Augustin, J., Michaelis, D., Joosten, H. (2008): Emission Reductions from Rewetting Peatlands. Towards a Field Guide for the Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Central European Peatlands. Greifswald, unpublished.

Drösler, M. (2008): Klimaschutz durch Moorschutz. Vortrag. ANL-Tagung: Schutz und Management von Mooren – Eiszeitrelikte im Klimastress? Laufen.

Zeitz, J., Hasch, B., Klingenfuß, c. (2008): Gemeinsame Wege für Kohlenstoffbindung und Artenschutz?. Fachtagung: Potenzial und Dynamik der C-Sequestrierung in Wald und Holz in einer zukünftigen Gesellschaft. Osnabrück.

Zeitz, J., Luthardt, V., Hasch, B., Schlösser, B., Meier, R. (2006): DSS-WAMOS: Eine „Decision Support System“ – gestützte Managementstrategie für Waldmoore. 2. Zwischenbericht. Berlin.

2-23
N_2O-Emissionen und bodeninterne N-Spezies im intensiven Feldgemüsebau

Sabine Fiedler[1], Helena Pfab[2], Iris Palmer[1], Torsten Müller[2], Reiner Ruser[2]
[1]Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim
[2]Institut für Pflanzenernährung, Universität Hohenheim

Eine umweltgerechte Pflanzenproduktion mit geringen N-Verlusten und gleichzeitig hohen Erträgen setzt eine hohe N-Effizienz voraus. Speziell im Feldgemüsebau stellt die eine besondere Herausforderung dar. Gemüsekulturen sind meist sehr N-düngungsintensiv, durch die Ernte im vegetativen Stadium sind hohe N-Überschüsse infolge geringer NAusnutzung zu erwarten. Zusätzlich verbleiben hohe N-Mengen in Form von Ernterückständen auf dem Feld. Es ist zu befürchten, dass dieser N-Überschuss rasch durch (de-) nitrifizierende Mikroorganismen umgesetzt wird bzw. mit dem Sickerwasser in die Tiefe verlagert oder direkt emittiert wird. Trotz des hohen N-Verlustpotentials (N_2O, NO_3^-) und des zu erwartenden Umweltrisikos (Emission des klimarelevanten Spurengases N_2O, Grundwasserbelastung durch NO_3^-) existieren bislang keine belastbaren annuellen Datensätze zur N_2O-Freisetzung in Abhängigkeit bodeninterner N-Spezies (N_2O, NH_4^+, NO_3^-) aus gemüsebaulich genutzten Böden. Diese Lücke soll ein von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördertes Forschungsprojekt schließen. Im vorigen Jahr wurden in einer Kopfsalat - Blumenkohl - Schwarzbrache – Fruchtfolge die N_2O-Emissionen sowie die verschiedenen N-Spezies in unterschiedlichen Bodentiefen im wöchentlichen Intervall erfasst. Neben unterschiedlichen Düngern (mit und ohne nitrifikationshemmender Wirkung) werden im Rahmen des Projektes auch unterschiedliche N-Düngermengen (in Form von ASS, Ammoniumsulfatsalpeter) berücksichtigt. Im Tagungsbeitrag wird exemplarisch auf die Variante des kulturbegleitenden N_{min}-Sollwertes (KNS) und die Kontrolle (keine Düngung) eingegangen. Nach Düngungsgabe erhöhte sich der N-Pool im Boden. Die N_2O-Konzentration der Bodenluft sowie die NO_3^-- als auch NH_4-Gehalte im Boden stiegen im Vergleich zur Kontrolle signifikant an. Parallel hierzu wurden sehr hohe N_2O-Emissionen (bis zu 4189 µg N_2O-N m-2h^{-1}) beobachtet. Infolge von Beregnung, Niederschlag (Wiederbefeuchtung) wurden ebenfalls erhöhte N_2O-Emissionen ermittelt. Die Kontrolle zeigte signifikant geringere N_2O-Emissionen (0-300 µg N_2O-N m-2h^{-1}). Durch die Verwendung von ^{15}N-markierten Dünger wurde der Anteil des Düngers an der N_2O-Konzentration der Bodenluft und der Emission ermittelt, welcher zwischen 5 und 40 % bzw. 5 und 56% variierte. Hohe und stabile N_2O-Emissionen wurden sowohl in der gedüngten als auch in der Kontrollvariante außerhalb der Vegetationszeit beobachtet (Kontrolle, im Mittel 30 µg N_2O-N m^{-2}h^{-1}; ASS, im Mittel 100 µg N_2O-N m^{-2}h^{-1}). Die N_2O-Konzentrationen im Boden schwankten während dieser Zeit zwischen 1 und 37 ppm im Tiefenbereich 5-25 cm. Der N-Input über die Ernterückstände des Blumenkohls betrug rund 90 kg N ha^{-1}, welche zu 5 bis 20% an der N_2O-Konzentration der Bodenluft und 60 bis 80% an den N_2OEmissionen beteiligt waren. Schwerpunkt weiterführender Tätigkeiten wird es sein, die erfassten Priming-Effekten nach Einarbeitung der Ernterückstände zu klären, um Strategien zur Verminderung hoher N_2O-Emissionen während des Winters zu entwickeln.

2-24
Auswirkung von Stickstoffdeposition und reduzierten Sommerniederschlägen auf CO_2-, CH_4- und N_2O-Flüsse in einem Hochmoor in der Metropolregion Hamburg

Marion Vanselow-Algan, Claudia Fiencke, Eva-Maria Pfeiffer
Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde, Allende-Platz 2, 20146 Hamburg

Aufgrund ihrer entscheidenden Rolle in den globalen Stoffkreisläufen nehmen Moore eine Schlüsselrolle im Klimaschutz und bei der Anpassung an den Klimawandel ein. Moore wachsen nicht nur unter bestimmten Klimabedingungen, gleichzeitig emittieren sie klimawirksame Spurengase und speichern Kohlen (C)-und Stickstoff (N). Ihre Quellen- und Senkenfunktion wird maßgeblich durch die hydrologischen Verhältnisse sowie durch die Landnutzung bestimmt. Klimaerwärmung und Absenkung des Wasserspiegels in Mooren führen zu einer erhöhten C- und N-Mineralisierung organischer Substanz. Dieses wiederum führt zu einer verstärkten Emission von CO_2 und CH_4, wodurch sich Moore von einer Kohlenstoffsenke zu einer Kohlenstoffquelle entwickeln können. Weiterhin kann der durch Düngung beschleunigte Stickstoffumsatz zu einer erhöhten N_2O-Emission führen. Die genannten Gasemissionen haben eine positive Rückkopplung auf den Treibhauseffekt zu folge.

Im Rahmen des interdisziplinären Projektes „KLIMZUG-Nord-Strategische Anpassungsansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg“ wurden manipulative Feldexperimente entwickelt, um die Auswirkung verminderter Sommerniederschläge bei gleichzeitiger Stickstoffzufuhr auf Hydrologie und den C- sowie N-Kreislauf eines Hochmoores zu untersuchen. Bei den im Sommer 2009 beginnenden Experimenten werden mit Hilfe von Dachkonstruktionen 25% des Sommerniederschlags reduziert und 50 kg N ha^{-1} a^{-1} aufgebracht. Die Böden dieser Behandlungen werden mit Kontrollen verglichen und die Gasemission von CO_2, CH_4 und N_2O wird über drei Vegetationsperioden ermittelt. Darüberhinaus wird untersucht, welchen Einfluss die Abnahme der Bodenfeuchte und die höhere Stickstoffverfügbarkeit auf Bodeneigenschaften und mikrobielle Aktivitäten wie Bodenatmung, Mineralisierung sowie Nitrifikation und Denitrifikation haben.

2-25
Modellierung und Regionalisierung von Lachgasemissionen landwirtschaftlicher Flächen mit Fuzzy Logic

Autoren: Dechow, Rene ; Freibauer, Annette
Anschrift Erstautor/in: von Thünen Institut, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, rene.dechow@vti.bund.de

Direkte Lachgasemissionen sind die Folge komplexer biochemischer Prozesse, die durch hydrologische, geologische, meteorologische und nicht zuletzt anthrophogene Parameter beeinflusst werden. Sie sind gekennzeichnet durch eine hohe temporale Dynamik und räumliche Variabilität. Um die Effektivität von Emissionsminderungsmaßnahmen beurteilen zu können oder regional differenzierte Klimagasbilanzen aufzustellen, braucht es Ansätze, welche über Emissionsfaktoren (IPCC, 2006) hinausgehen. Das Spektrum derartiger Ansätze reicht von Regressionsmodellen für jährliche Bilanzen zu komplexen prozessbasierten Modellen zur Abschätzung täglicher Emissionsraten. Während erstere die Dynamik von biogeochemischen Prozessen nur unzureichend wiedergeben und die Nichtlinearität von Ursache-Wirkungs Beziehhungen oft vernachlässigen, ist der Daten und Parametrisierungsbedarf prozessbasierter Modelle oft derartig hoch, dass Regionalisierungen von Lachgasemissionen mit hohen Unsicherheiten verbunden sind. Zudem sind wesentliche Prozesse der Lachgasproduktion noch unzureichend untersucht und deshalb auch nicht modellierbar. Fuzzy Logic Modelle sind regelbasierte Ansätze, welche den Prozess der menschlichen Entscheidungsfindung imitieren. Wir sind täglich mit einer Vielzahl von Situationen konfrontiert, in denen wir mit ungenauen Informationen (Beispiel: Geschwindigkeit beim Radfahren, Reibungswiderstand des Radwegs) ausgestattet Entscheidungen treffen müssen (Kraftaufwand zum Abbremsen an der Kreuzung) ohne die entsprechenden Differentialgleichungen zu lösen. Dies ist möglich, weil wir aus erlernter Erfahrung wissen, dass die Kombination bestimmter Realisierungen beteiligter Faktoren eine bestimmte Wirkung hervorruft. Dieses Konzept wird verwendet um Modellansätze zu entwickeln, welche trotz Daten- und Prozessunsicherheit, praxistaugliche Schätzungen direkter Lachgasemissionen landwirtschaftlicher Flächen erlauben. Mit den zwei Typen von entwickelten Modellen gelingt es in Mitteleuropa gemessene jährliche N_2O Emissionen (R^2=0.67 für Ackerstandorte und R^2=0.85 für Grassland) als auch die Emmissionsdynamik abzubilden. Sensitivitätsanalysen weisen die Niederschlagsdynamik, die Temperatur und die Höhe der N Düngung neben standörtlichen Gegebenheiten (Sandgehalt des Bodens, pH, Frosttage im Jahr) als emissionsbestimmende Faktoren auf Ackerland aus. Emissionen auf Grünland werden insbesondere durch die temporale Dynamik von Niederschlagsereignissen und N-Düngerapplikation gesteuert. Mit Fuzzy Logic Ansätzen auf Jahresbasis wird eine durchschnittliche jährliche Emission (1990-1999) in Deutschland von 58.5 Gg N_2O-N (Acker) und 20.2 Gg N_2O-N (Grünland) berechnet.

Literatur

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change, IGES, Japan.

2-26
Bedeutung des Grundwassers für indirekte N_2O-Emissionen aus Agrarökosystemen

Reinhard Well, Daniel Weymann, Heinz Flessa
Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig, Germany (reinhard.well@vti.bund.de)

N-Einträge in landwirtschaftlich genutzte Böden verursachen dort N_2O-Bildung und somit die so genannten direkten Emissionen. Daneben existieren auch indirekte Emissionen, die durch N-Austräge, z.B. durch Nitratauswaschung verursacht werden. Hierbei wird N_2O aus dem Nitrat im Grundwasser durch Denitrifikation gebildet. In die Atmosphäre gelangt dieses N_2O entweder über die Grundwasserströmung zu Quellen, Brunnen oder Oberflächengewässern (horizontaler Pfad) oder durch Diffusion zur Grundwasseroberfläche und von dort durch den Boden in die Atmosphäre (vertikaler Pfad). Die Bedeutung indirekter N_2O-Emissionen für die Gesamtbelastung der Atmosphäre mit N_2O ist sowohl hinsichtlich beteiligter Prozesse (Bildung, Abbau, Transport) als auch der emittierten Mengen bislang nur unzureichend bekannt. Ziel der vorgestellten Studie war es, N_2O-Emissionen über den vertikalen Pfad erstmals direkt zu messen. Es wurde ein ^{15}N-Tracerversuch an der Oberfläche eines Aquifers durchgeführt (Weymann et al., 2009). Eine ^{15}N-Nitratlösung wurde über Injektionssonden auf die Grundwasseroberfläche appliziert um somit Produktion von ^{15}N-markiertem N_2O durch Denitrifikation im oberflächennahen Grundwasser zu induzieren. Nach Applikation wurden regelmäßig Proben aus dem Grundwasser, der ungesättigten Zone und aus Gassammelhauben an der Bodenoberfläche auf N_2O-Konzentrationen und ^{15}N-Häufigkeit im N_2O von untersucht. Die ^{15}N-Anreicherung im emittierten N_2O war messbar, die daraus abgeleiteten N_2O-Emissionen aus dem Grundwasser in die Atmosphäre betrugen 0,2 bis 1,8 g N_2O-N ha^{-1} a^{-1} und waren somit extrem gering. Eine Hochrechung auf Basis der bekannten Spanne von N_2O-Konzentrationen im oberflächennahen Grundwasser zeigt, dass die indirekten N_2O-Emission über den vertikalen Pfad im Vergleich zu den direkten N_2O-Emissionen meistens vernachlässigbar klein sind. Für indirekte N_2O-Emissionen über den horizontalen Pfad liegen bisher fast nur Werte vor, die aus Grundwasserkonzentrationen abgleitet wurden, aber kaum direkte Messungen. Darüber hinaus stellt sich die Frage, inwieweit Nitratabbau im Grundwasser eine Verminderung von indirekten N_2O-Emissionen aus Oberflächengewässern bewirken kann. Untersuchungen zur Denitrifikation in Aquiferen deuten darauf hin, dass dies sehr bedeutend sein kann (Weymann et al., 2008), es fehlen bisher aber systematische Untersuchungen.

Literatur

Weymann, D., R. Well, H. Flessa, C. von der Heide, M. Deurer, K. Meyer, Ch. Konrad, und W. Walther (2008): Biogeosciences 5, 1215–1226.

Weymann, D., R. Well, C. von der Heide, J. Böttcher, H. Flessa, W.H.M. Duijnisveld (2009): Nutrient Cycling in Agroecosystems, DOI 10.1007/s10705-009-9269-4.

2-27
Trennung der bodenbürtigen Quellen von NO und N_2O mittels stabiler Isotope

Florian Stange[1] Rolf Russow[1]
[1]Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Department Bodenphysik, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle/Saale, florian.stange@ufz.de

Für das Verständnis der NO- und N_2O Emission aus Böden ist die Trennung der zugrunde liegenden Prozesse notwendig. ^{15}N stabile Isotopen Technik bietet eine sehr gute Möglichkeit diese Aufgabe zu bewältigen. In dem Beitrag werden Einsatzmöglichkeiten der ^{15}N-Tracer Technik im Freiland auf der Schwarzerde von Bad Lauchstädt vorgestellt. Die Freilandversuche wurden durch Bodeninkubationsversuche im Labor ergänzt.

Sowohl in den Freilandmessungen, als auch in den Laboruntersuchungen konnte festgestellt werden, dass die Nitrifikation von Ammonium und die Denitrifikation von Nitrat wichtige Prozesse für die Spurengasbildung von NO bzw. N_2O sind. Unter üblichen Feldbedingungen (15-22°C und 50-85% Feldkapazität) wurden über 30 Tage gemittelt 88% des NO und durch Nitrifikation gebildet, während N_2O unter diesen Bedingungen überwiegend durch Denitrifikation gebildet wurde (54%) (Russow et al. 2008). Erhöhte SOM –Gehalte im Boden steigerten sowohl die N_2O Emission als auch den denitrifikatorischen Anteil an der N_2O Produktion im Boden.

Ergänzende Laboruntersuchungen (Russow et al. 2009) zeigen, dass die denitrifikatorische NO Emission (nur ca. 12% unter Feldbedingungen) stärker durch die schnelle Weiterreaktion des NO in der Denitrifikationskette limitiert wird als durch die Produktion, die sehr hoch ist. Die Weiterreaktion wird durch die verminderte Gasdiffusion im Boden begünstigt. Zur Prognose der N-Spurengasemission ist daher das Zusammenwirken der Prozesse Produktion, Konsumption und Transport durch den Boden von Grundlegender Bedeutung. Dies wird in sehr starkem Maße von der Bodenstruktur bestimmt.

Daher sollten zukünftigen Studien zu N-Spurengase auf ungestörte Bodensäulen und Feldversuche mit realer Bodenstruktur fokussiert werden.

Literatur

Russow R, Spott O, Stange CF. Evaluation of nitrate and ammonium as sources of NO and N_2O emissions from Black Earth (Haplic Chernozem) soils based on 15N field experiments. Soil Biology & Biochemistry 40, 2008, 380-391.

Russow R, Stange CF, Neue HU. Role of nitrite and nitric oxide in the processes of nitrification and denitrification in soil: results from 15N tracer experiments. Soil Biology & Biochemistry 41, 2009, 785-795.

2-28

Long-term fertilization effects on soil organic matter and net-exchange rates of N_2O and CH_4 on a sandy arable soil

Jäger N.*, Flessa H.
Soil Science of Temperate and Boreal Ecosystems, Büsgenweg 2, D-37077 Göttingen
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Cultivated soils can act as a source but also as a sink of greenhouse gases. Management strategies that favour organic carbon accumulation in soils reduce atmospheric CO_2 but they may cause enhanced emissions of N_2O. The objectives of our study were to determine long-term effects of different fertilization strategies (application of mineral fertilizer (MIN) vs. composted cattle manure (CM) on i) the sequestration of carbon and nitrogen in a sandy Cambisol, ii) the emission of N_2O, and iii) the net-exchange of CH_4. We used the treatments of a long-term fertilization experiment near to Darmstadt, Germany, for our experiment. Soil organic carbon (SOC) and total nitrogen (N_t) stocks (in 0 to 25 cm) were higher in the CM treatments than the MIN treatments (mean SOC stock: 28.0 t ha^{-1} in CM and 24.6 t ha^{-1} in MIN, mean N_t stocks: 2.71 t N_t ha^{-1} in CM variant and 2.27 t N_t ha^{-1} in MIN). The fertilization rate had no significant effect on SOC and N_t stocks. During the both years, cumulative N_2O emissions ranged from 0.5 to 1.1 kg N_2O-N ha^{-1} y^{-1}. The mean cumulative net uptake of atmospheric CH_4 was 1.4 -1.5 kg CH_4-C ha^{-1} y^{-1}. For both gases, differences between fertilization rates and fertilizer types were not significant. The results show that the different fertilization strategies led to different SOC and N_t stocks. But these differences did influence neither N_2O emission nor CH_4 uptake significantly in this sandy soil.

2-29
Treibhausgas-Emissionen (CO_2, N_2O, CH_4) nach Biochar-Applikation

Claudia Kammann, Mark Ryan, Stefan Ratering, Hans-Werner Koyro, Ludger Grünhage und Christoph Müller
Institut für Pflanzenökologie, Justus-Liebig-Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen, claudia.kammann@bio.uni-giessen.de

Biochar – ein Weg zur C-Sequestrierung und Anpassung an den Klimawandel?

Die nachhaltig fruchtbaren Terra Preta-Böden Amazoniens weisen dauerhaft erhöhte Gehalte an pyrogenem Kohlenstoff ("*Biochar*"), Humus und Phosphor auf (Glaser et al., 2001). In den letzten Jahren wurden v.a. an tropischen Böden *Biochar*-Studien begonnen, die zahlreiche positive Wirkungen aufzeigten (Lehmann, 2007). Die Persistenz von *Biochar* (Kuzyakov et al., 2008) spricht für ein enormes C-Sequestrierungspotential in Böden (Lehmann, 2007; Hansen et al., 2008), jedoch dürfen sich die Bilanzen anderer klima-relevanter Spurengase wie N_2O und CH_4 nicht nachteilig verändern, oder die Mineralisierung organischer Boden-substanz beschleunigen. Für Europäische Böden wurde dies bislang nicht untersucht.

Spurengas-Emissionen Irischer und Deutscher Böden nach Biochar-Applikation

Bei einer 3-wöchigen Laborstudie mit irischem Boden wurden zwei Arten von *Biochar* gegenüber einer Kontrolle mit und ohne NH_4NO_3-Düngung, und mit und ohne Regenwurm-Zugabe getestet. Ohne Regenwürmer waren die N_2O-Emissionen reduziert, in Gegenwart von Regenwürmern jedoch gesteigert. In einem (laufenden) Topf-Experiment mit lehmigem Ackerboden (Dt.), *Lolium perenne*-Einsaat und N-Düngung zeigen erste Messungen kurz nach Keimung bei *Biochar*-Zugabe (50 t/ha) erhöhte N_2O-Emissionen und verringerte CH_4-Oxidationsraten, sowohl in der "Boden"-Variante als auch in der "Boden+Kompost"-Variante. Bisher waren N_2O-Emissionen bei *Biochar*-Applikation eher reduziert (Lehmann, 2007); der weitere Verlauf dieses Experiments soll auf dem Poster dargestellt werden.

Literatur

Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., Zech, W., 2001. The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften 88, 37-41.

Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P., Beerling, D., Berner, R., Masson-Delmotte, V., Pagani, M., Raymo, M., Royer, D.L., Zachos, J.C., 2008. Target atmospheric CO2: Where should humanity aim? The Open Atmospheric Science Journal 2, 217-231.

Kuzyakov, Y., Subbotina, I., Chen, H., Bogomolova, I., Xu, X., 2008. Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by 14C labeling. Soil Biology & Biochemistry 41, 210-219.

Lehmann, J., 2007. Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and the Environment 5, 381-387.

2-30
Hamburg Urban Soil Climate Observatory (HUSCO): Einfluss der Bodenfeuchte- und Energieflüsse von Stadtstrukturein-heiten auf das Stadtklima

Autoren: Prof. Dr. Annette Eschenbach; Prof. Dr. Felix Ament; Prof. Dr. E.-M. Pfeiffer
Anschrift Erstautor/in: Institut für Bodenkunde, Allende-Platz 2, 20146 Hamburg, A.Eschenbach@uni-hamburg.de

Zusammenfassung

Die heterogene Oberflächenstruktur einer Stadt kann lokale Effekte des übergeordneten Klimaantriebs, z.B. Trockenheit oder Hitzeperioden, verstärken oder dämpfen. Eine Schlüsselrolle bei der heterogenen Ausprägung des Stadtklimas kommt den Austauschprozessen zwischen Pedosphäre und Atmosphäre zu. Der Boden fungiert dabei in komplexer Weise als Speicher und Transmitter für Wasser und thermische Energie. Ziele des Projektes sind ein genaueres Prozessverständnis dieser Wechselwirkung im urbanen Raum an repräsentativen stadtstrukturtypischen Standorten (verschiedene Nutzungstypen wie Grünflächen, Brachen, Wohnbebauung) und eine Charakterisierung der Klimamodifikation durch die Stadt. Dies ermöglicht konkretere Vorhersagen der Auswirkung des Klimawandels in der Stadt und eine Ableitung von Anpassungsoptionen an den Klimawandel durch stadtplanerische Maßnahmen.

Das Projekt „Hamburg Urban Soil Climate Observatory“ (HUSCO) integriert die experimentelle Quantifizierung von klimasteuernden Prozessen (Energie-, Wasser- und Stoffflüssen an der Grenzfläche Boden-Atmosphäre) mit der Bestimmung des resultierenden Klimaeffektes (Heterogenität von Temperatur und Feuchte in der Stadt) in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung. Dabei zeichnet sich HUSCO durch die systematische Untersuchung der Repräsentativität von Punktmessungen aus. Dies ist die Grundlage, um in einem zweiten Schritt alle verfügbaren, bestehenden Messnetze (z.B. von Wetterdiensten oder städtischen Behörden) zu einer umfassenden Analyse der Heterogenität des Stadtklimas zu integrieren. Die Kombination von gezielten Messungen der Austauschprozesse Pedosphäre-Atmosphäre an Referenzstandorten und des resultierenden Klimaeffekts erlaubt eine Bewertung der Klimarelevanz von Böden im urbanen Raum. Dies soll in stadtplanerische Handlungsoptionen zum Klima-, Umwelt- und Bodenschutz einfließen.

HUSCO ist eng in den Exzellenzcluster „Integrated Climate System Analysis and Prediction“ (CliSAP) der Universität Hamburg eingebunden und dient übergreifend der Weiterentwicklung von mesoskaligen Klimamodellen im urbanen Raum.

Hauptziele:

1. Verständnis der Heterogenität des Stadtklimas mittels experimenteller Quantifizierung am Beispiel
   - der Metropolregion Hamburg. Klärung der offenen Frage „Welche Faktoren führen zu einer lokal
   - klimatischen Modifikation des übergeordneten Antriebs?“

2. Kenntnis des Einflusses der Wechselwirkungen Boden-Atmosphäre auf das Stadtklima. Klärung der
   - offenen Fragen „Welchen Beitrag können Böden zum Klimaschutz leisten? In wie weit kann der
   - Boden seine natürlichen und nutzungsrelevanten Funktionen im anthropogen geprägten Raum der
   - Stadt aufrechterhalten?“

2-31
Das Verfahren zur hydrothermalen Karbonisierung – Untersuchung der Reaktionsprodukte für die mögliche Nutzung in Entwicklungs- und Schwellenländer

Autoren: Dave Tjiok, Dr. Burkhard von Stackelberg, Dipl.-Ing. Michael Klotsche;
Anschrift Erstautor/in: Erfinder-Initiative THINKenergy, Quellenstr. 7, 70376 Stuttgart, e-Mail: runningdave@gmx.de

Die *hydrothermale Karbonisierung* ist ein chemisches Verfahren zur einfachen und hocheffizienten Herstellung von Braunkohle, flüssigen Erdöl-Vorstufen und Humus aus Biomasse unter Freisetzung von Energie. Der Prozess, der die in der Natur in 50.000 bis 50 Millionen Jahren ablaufende Braunkohle-Entstehung innerhalb weniger Stunden technisch nachvollzieht, wurde vom Max-Planck- Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam in den Grundlagen erarbeitet.
Bei den bisher gebräuchlichen Verfahren zur Umwandlung von Biomasse in Brennstoffe ist die *Kohlenstoff-Effizienz*, d. h. der Anteil des zu Beginn in der Biomasse enthaltenen Kohlenstoffs, der später im verwertbaren Endprodukt enthalten ist, relativ gering. Der nicht verwertete Anteil entweicht als Kohlenstoffdioxid bzw. bei der herkömmlichen Kompostierung auch als Methan in die Atmosphäre; beide Gase gelten als klimaschädlich. Bislang nutzt man beispielsweise bei der Pflanzenölproduktion nur das Öl der Pflanze, das heisst das „Filet“, während der Rest in der Regel ungenutzt bleibt.

Abb.: Grasartiger Bioabfall

Abb.: karbonisierter Palmstroh Abfall

Der Verfahrensablauf

In einem Autoklaven werden Biomasse, Abfallstoffe aus der landwirtschaftlichen Produktion, Wasser und ein Katalysator unter Luftausschluss erhitzt. Der Apparat ist am ehesten vergleichbar mit einem Schnellkochtopf. Die ablaufende Reaktion ist exotherm, d. h. es wird Energie freigesetzt. Nach 12-18 Stunden sind die Edukte vollständig umgesetzt und es liegt ein wässriger Schlamm vor. In umfangreichen Versuchen soll geklärt werden ob die Ausgangsprodukte dieses Prozesses als sog. Biochar und Düngemittel verwendbar sind

Untersuchung der flüssigen Phase

Neben der Untersuchung der Karbonisat-Proben wurde die flüssige Phase, das heisst das resultierende Prozesswasser einer Probenreihe von uns untersucht. Die von uns untersuchten Proben (Laub, Heu, Bananen-Orangen-Schalen, Bioabfälle) hatten sehr ähnliche Spektren der Inhaltsstoffe. Gefunden wurden Mono-, Di- und Tricarbonsäuren, Pyridin, Glycerol, 5-oxo-Prolin und verschiedene Zucker in jeweils unterschiedlichen prozentualen Anteilen.

Abb.: flüssiges Reaktionsprodukt

Abb.: Karbonisat aus Bananen- und orangenschalen

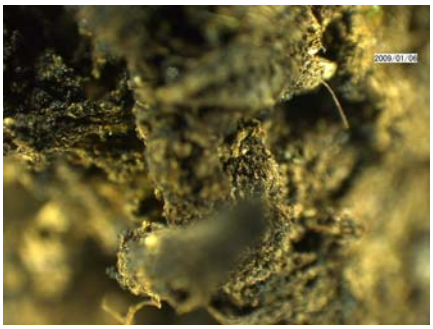


Abb.: 500-fache Vergrösserung der Probe

Die Probenreihe wies einen typischen Geruch nach Bacillus subtilis - Kultur auf. Bacillus subtilis (lat. bacillum/bacillus, Stäbchen; subtilis, schlicht) oder Heubazillus ist ein weit verbreitetes grampositives, stäbchenförmiges, begeißeltes Bakterium. Wie alle Bakterien der Gattung Bacillus ist B. subtilis ein aerob wachsender Endosporenbildner. B. subtilis ist ubiquitär verbreitet und kann aus Boden (insbesondere Komposterde), Wasser und Luft isoliert werden. Sein natürlicher Standort sind aber die oberen Schichten des Bodens. Dort ist es aufgrund häufig wechselnder Umgebungsbedingungen fast ständig Stress- und Hungersituationen ausgesetzt, denen es sich entsprechend anpassen muss. Den Namen Heubazillus trägt es, da es sich leicht in einem so genannten Heuaufguss anreichern lässt.

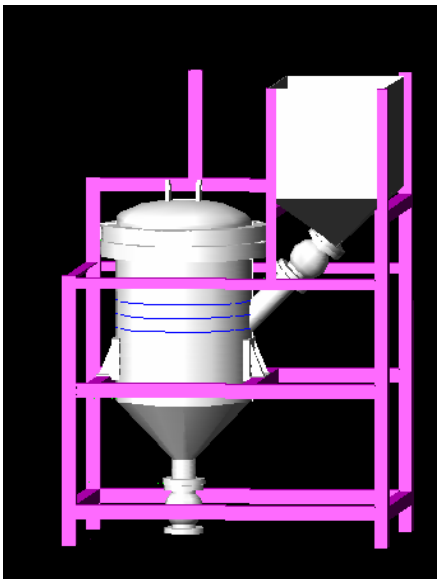
Neben Milchsäure, Essigsäure, Oxalsäure und Bernsteinsäure wurde in den meisten Proben ein hoher Gehalt an den organischen Dicarbonsäuren Itakonsäure ($C_5H_6O_4$) und Methylmalonsäure ($C_4H_6O_4$) und der organischen Tricarbonsäure Isocitronensäure ($C_6H_8O_7$) gefunden. Alle gefundenen Säuren und ihre Salze sind Zwischenprodukte im Kohlenhydrat-Stoffwechsel aller sauerstoffverbrauchenden Lebewesen einschließlich des Menschen. Pyridin wurde ebenfalls in allen Proben detektiert. Es ist eine heterocyclische Verbindung mit aromatischen Eigenschaften und kommt als eine von verschiedenen aromatischen Verbindungen im Steinkohlenteeröl vor. Die Salze von Pyridinderviaten sind in der belebten Natur häufig zu finden, wie zum Beispiel im Nicotinamidadenindinukleotid (NAD). Viele Pyridin-Derivate sind wichtige Naturstoffe und Vitamine, z.B. Nikotin und Nicotinamid.

Im Stoffwechsel aller Organismen kommt das Salz der Bernsteinsäure beim Abbau von Glucose als Zwischenstufe bei der Regeneration des Akzeptors Oxalessigsäure vor. Es ist entsprechend ein Stoffwechsel-Zwischenprodukt des Citratcyclus, außerdem kommt sie im Harnstoffzyklus vor. In der Natur kommt Bernsteinsäure zudem in vielen Pflanzensäften sowie in Algen und Pilzen vor. Als

Hauptzucker wurden in allen Proben Glucose und Inositol gefunden. Weitere Zucker waren Talose, Glucopyranose.
5-oxo-Proline (L-Pyroglutaminsäure) ist ein cyclisiertes inneres Amid der LGlutaminsäure und war in allen Proben enthalten. Es kommt in Gemüse, Früchten, Gräsern und in Melasse vor und ist ein typisches Stoffwechselprodukt in Bacillus subtilis-Kulturen.
Auffällig war in der Probe der Bananen-Orangen-Schalen der hohe Gehalt (22,5%) einer Substanz bei einer Retentionszeit von 18,038 min, deren Spektrum zu etwa 55 % auf Ametryn hindeutet. Ametryn ist ein allgemein gebräuchliches Pestizid ohne Anwendungsbeschränkungen, das z.B. in Florida und Texas bei Grapefrucht- und Orangenbäumen eingesetzt wird. In Bodenproben kommt Ametryn häufig gebunden an Huminsäuren vor (U. Müller-Wegener (1977) Über die Bindung von Ametryn an Huminsäure. Naturwissenschaften 64: S. 385). Abschließend ist festzustellen, dass durch eine GC/MS Analyse typische Inhaltsstoffe von Bodenproben detektiert werden konnten.

Mobile Versuchsanlage

Eine mobile Versuchsanlage, die von den Grundprinzipien her für den Einsatz in Entwicklungs- und Schwellenländer geeignet ist, wird Mitte Juli in Betrieb gehen. In Zusammenarbeit mit Mikrokreditinstitutionen in Südostasien wird der Nutzen in der Praxis untersucht werden.



Literatur

Maria-Magdalena Titirici, Arne Thomas and Markus Antonietti, New J. Chem., 2007, 31, 787, Back in the black: hydrothermal carbonization of plant material as an efficient chemical process to treat the CO2 problem?

MPI Veröffentlichungen „Zauberkohle aus dem Dampfkochtopf“, Max-Planck Forschung 2/2006 und „Zauberkohle noch mal nachgelegt“, Max-Planck Forschung 4/2006

dtv-Atlas der Biologie, www.wikipedia.org

2-32
Terra Preta – die Schlüsselinnovation des Jahrhunderts.

Joachim Böttcher;
Anschrift Erstautor: Palaterra GmbH, Hofstrasse 5, 67822 Hengstbacherhof, E-Mail: boettcher@das-gold-der-erde.de,
www.das-gold-der-erde.de

Wie viel Erde braucht der Mensch?

Während die Weltbevölkerung rasant wächst, schrumpft die für den Nahrungsmittel-anbau verfügbare Ackerfläche dramatisch. Experten schätzen, dass weltweit bereits über 2 Milliarden Hektar Ackerfläche unbrauchbar geworden sind. Das entspricht der Fläche der USA und Kanadas zusammen. Jährlich ist eine Zunahme degradierter Böden von 5 bis 7 Millionen Hektar zu verzeichnen. Fehlbewirtschaftung und Klimaveränderungen sind die primären Ursachen. Hinzu kommt, dass die Qualität der bewirtschafteten Böden aufgrund der rapiden Abnahme der Humusgehalte immer schlechter wird. Lebensmittelknappheit, explodierende Preise, sind unmittelbare, soziale Unruhen in ärmeren Teilen der Welt mittelbare Folgen.

Ohne Humus geht nichts. Humus verbessert die Bodenfruchtbarkeit, Wasserspeicher-fähigkeit und Nährstoffspeicherung. Und er ist der beste Erosionsschutz für Böden.

Ohne Humus geht der Luft die Luft aus.

Nicht zu überschätzen ist die Funktion, die Humus im Kohlenstoffkreislauf spielt. Etwa 4/5 des am aktiven Kohlenstoffkreislauf in der Biosphäre beteiligten Kohlenstoffs sind in unseren Böden gebunden. Davon liegt der überwiegende Anteil in Form von Humus bzw. Dauerhumus vor. Der Rückgang von Humus führt zu einer drastischen Anreicherung von Kohlendioxid in der Atmosphäre.

Umgekehrt führt eine Anreicherung von Dauerhumus bzw. Kohlenstoff in den Böden zu einer deutlichen Reduzierung des CO_2-Gehaltes in der Atmosphäre. Könnte diese Methode der CO2-Sequestrierung flächendeckend umgesetzt werden, wäre dies ein beachtlicher Beitrag zum Klimaschutz! Wir wissen heute, dass unter bestimmten Vorrausetzungen pro Hektar Ackerboden rund 250 t Kohlenstoff längerfristig gespeichert werden können.

Die beste Lösung ist manchmal ganz einfach.

Viele Urvölker wussten, dass man mit intelligenter Bewirtschaftung der Böden deren Fruchtbarkeit steigern konnte. Einer der beeindruckenden Beweise ist die *Terra Preta do indio*, eine anthropogene Schwarzerde aus dem Amazonasbecken, hergestellt vor tausenden von Jahren aus Ernteresten und organischen Siedlungsabfällen. Diese Urform nachhaltigen Stoffstrommanagementsystems ermöglichte auf den unfruchtbaren Regenwaldböden einen effizienten Nahrungsmittelanbau für eine enorm große Bevölkerung. Erst gegen Ende des 20. Jahrhunderts entdeckten Archäologen dieses „schwarze Gold" des Amazonas. Seine Fruchtbarkeit ist bis heute erhalten geblieben und weltweit einzigartig. Bei Wissenschaftlern ist das Potential der Terra Preta unumstritten: Sie macht nicht nur degradierte Böden fruchtbar – sie trägt auch bei zur Lösung so gravierender Umweltprobleme wie der zunehmenden Wasserknappheit oder dem Klimawandel.

Neue Erde für die Erde: Palaterra

Seit 2005 beschäftigt sich in Rheinland-Pfalz ein Expertenkreis mit Terra Preta. Durch intensive, anwendungsorientierte Forschung ist es gelungen, die einstigen Herstellungsmethoden zu identifizieren und die Erfindung auf einen modernen großtechnischen Maßstab zu übertragen. Das Ergebnis sind hochwertige Humussubstrate, die mit den Eigenschaften der nativen Terra Preta weitgehend identisch sind und diese teilweise sogar übertreffen.

Im Juni 2009 gründeten Joachim Böttcher und die Juwi-Gruppe die internationale Vertriebsgesellschaft *Palaterra GmbH*. Unternehmensziel ist die Weiterentwicklung sowie die flächendeckende Anwendung der Terra Preta Technologie.

Zurzeit entstehen in Rheinland-Pfalz (Hengstbacherhof und Morbach) die weltweit ersten großtechnischen Anlagen. Weitere geeignete Standorte für zukünftige Produktionsstätten werden über Potential-, Standort- und Machbarkeitsanalysen in Zusammenarbeit mit regionalen Akteuren entwickelt. Zusätzlich bauen wir überregionale Vertriebswege auf, die die regionalen Produktionsanlagen bei der Vermarktung unterstützen. Im Rahmen von Franchise- und Lizenznehmermodellen können zukünftig Landwirte, Gewerbeunternehmen sowie kommunale Institutionen und Verbände Terra Preta Produktionsstätten betreiben.

Die von der *Palaterra GmbH* entwickelte Terra Preta Technologie sichert nicht nur die nachhaltige Verbesserung von Nutzböden – sie macht aus bisher vernachlässigten Stoffströmen die Basis für eine signifikante regionale Wertschöpfung.

Hengstbacherhof im Juni 2009

Joachim Böttcher

Themenblock 3: Pflanzenbau, -zucht, -schutz: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel

Moderation: Jörg Michael Greef, Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde

Frank Ordon, Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz

Nummer	Titel und Autoren	Seite
3-1	Forschungsaktivitäten zum Thema „Klimawandel und Landwirtschaft“ am Julius Kühn-Institut *von Viola, Richter; Jörg Michael, Greef*	136
3-2	Verbundprojekt Landbauliche Verwertung von HTC-Biokohle *von H.-J. Koch et al.*	137
3-3	Klimafolgenforschung im Acker- und Gartenbau in Niedersachsen *von Peter Juroszek et al.*	138
3-4	KLIMAPS-JKI – Die Online-Datenbank für Klimawandel und Pflanzenschutz *von Petra, Seidel; Jörg, Sellmann*	139
3-5	Virusvektoren und insektenübertragene Viren – Klimawandel und Züchtung *von Antje Habekuß et al.*	140
3-6	Mehr neue Schadorganismen durch Klimawandel in Deutschland? – Anpassungsstrategien im Bereich Pflanzengesundheit *von Hella Kehlenbeck*	141
3-7	Regional differenzierte Analyse der Beregnung als Anpassungsstrategie der Landwirtschaft an den Klimawandel in Deutschland *von Jano Anter*	143
3-8	Bestimmung des Water Footprint zur Bewertung von Verfahren unter den Bedingungen des Klimawandels *von Katrin Drastig et al.*	144
3-9	Hitze- und trockentolerante Kartoffeln zur Anpassung an den Klimawandel *von Christiane Balko, Anette Giesemann*	145
3-10	Verbesserung der Trockentoleranz der Kartoffeln als Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel *von Anne Bartelmann et al.*	147
3-11	Genetische und molekulare Analyse der Eignung von Hybridroggen für die Biogasproduktion unter Trockenbedingungen *von M. Hübner et al.*	148
3-12	Identification of drought stress associated proteins, which improve drought tolerance during grain filling, in a series of exotic barley introgressions *von Tim March, Klaus Pillen*	149
3-13	Empirische Analyse klimabedingter Ertragsschwankungen in Abhängigkeit natürlicher Standortparameter am Beispiel des Winterweizens in Deutschland *von Agnes Richmann; Roger Stonner*	150
3-14	Gemeinschaftsforschung als Basis zur Anpassung an den Klimawandel *von Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GFP)*	151

3-1
Forschungsaktivitäten zum Thema „Klimawandel und Landwirtschaft“ am Julius Kühn-Institut

Viola, Richter; Jörg Michael, Greef;
Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,
viola.richter@jki.bund.de

Die immer deutlicher werdenden Folgen der Klimaveränderung stellen die Landwirtschaft vor besondere Herausforderungen. Klimaänderungen werden sich direkt (abiotische Stressfaktoren) und indirekt (biotische Stressfaktoren) auf die Leistung der Kulturpflanzen auswirken, welche rechtzeitige Anpassungsstrategien erfordern. Des Weiteren kann die Landwirtschaft durch nachhaltige und effiziente Bewirtschaftung auch dazu beitragen die Ursachen des Klimawandels zu reduzieren. Für die Bewältigung dieser komplexen Herausforderungen hat sich innerhalb des Julius Kühn-Institutes eine Klimaarbeitsgruppe gebildet, in der themenübergreifend zu Aspekten des Klimawandels und den sich dadurch ergebenen Anforderungen für die Landwirtschaft beraten wird. Ziel der AG ist es interdisziplinäre Lösungsansätze für eine angepasste und effizientere Landwirtschaft im Zuge des Klimawandels zu erreichen.
Vorstellung einzelner Projekte:

Betroffenheit / Reaktionen

- Hitzestressexperimente und Evaluierung hitzetoleranter Rebsorten zur Erhaltung des Ertrags- und der Weinqualität. (Inst. f. Rebenzüchtung)
- Untersuchungen zur Bedeutung der Änderungen des Klimas und anderer Anbaubedingungen auf die phytopathologische Situation u. a. im Weinbau. (Inst. f. Pflanzenschutz im Obst- und Weinbau)

Vermeidung /Adaption

- Untersuchungen zur Steigerung der Fahrgeschwindigkeit von Feldspritzgeräten als Kompensationsmöglichkeit der durch den Klimawandel bedingten Einengung der Zeitfenster. (Inst. f. Anwendungstechnik im Pflanzenschutz)
- Rainshelteranlage: Trockenstressversuche (Inst. f. Pflanzenbau und Bodenkunde)
- Lysimeteranlage: Effizientes Anbaumanagement unter veränderten klimatischen Bedingungen (Inst. f. Pflanzenbau und Bodenkunde)
- Trockenresistenzforschung bei Kartoffeln und Getreide. (Inst. f. Resistenzforschung und Stresstoleranz)

Anpassung / Stabilität / Vorbeugung

- EU-Vorhaben AEGRO: Ausweisung von Schutzgebieten besonders gefährdeter Wildarten, die mit unseren Kulturarten verwandt sind und eine besonders wichtige Ressource für die Möglichkeit zur genetischen Anpassung an sich verändernde Klimabedingungen darstellen. (Inst. f. Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen)
- Online-Datenbank „KLIMPAS-JKI“: Informationen zu den Folgen der Klimaveränderungen für Kulturpflanzen. Klimakammeruntersuchungen. (Inst. f. Strategien und Folgeabschätzung)
- Ertragsprognosemodelle zur Risikoabschätzung von Ertragsausfällen unter veränderten Klimabedingungen (Inst. f. Pflanzenbau und Bodenkunde)

3-2
Verbundprojekt Landbauliche Verwertung von HTC-Biokohle

Koch, H.-J.; Greef, J.M. ; Märländer, B.; Kücke, M.; Ramke, H.-G.; Rillig, M.C.; Schlitt, R.
Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen, koch@ifz-goettingen.de

In Deutschland fallen in erheblichem Umfang Bioabfälle an, die bislang z. T. kompostiert werden. Da die C-Verluste bei der Kompostierung beträchtlich sind und zum Treibhauseffekt beitragen, könnte die hydrothermale Carbonisierung (HTC) von Bioabfällen mit anschließender Ausbringung der entstandenen Biokohle auf landwirtschaftliche Flächen eine Klima schonendere Verwertung darstellen. Durch HTC erzeugte Biokohle könnte die zunehmende Abfuhr pflanzlicher Reststoffe von Ackerflächen im Sinne einer ausgeglichenen C-Bilanz kompensieren und zusätzlich aufgrund ihrer Rekalzitranz gegenüber mikrobiellem Abbau zur C-Sequestrierung beitragen.
Bislang sind jedoch weder die bodenbiologischen, -chemischen und -physikalischen Eigenschaften und Wirkungen von HTC-Biokohle noch deren Abbauverhalten im Boden bekannt. Gegenüber dem Einsatz von pyrolytisch gewonnenem Material (Biochar) bietet HTC-Biokohle Vorteile aufgrund (i) ihres vermutlich deutlich geringeren Schadstoffgehaltes, (ii) der günstigeren Energiebilanz und (iii) der geringeren C-Verluste im Herstellungsprozess sowie (iv) der uneingeschränkten Verwendbarkeit von Ausgangsstoffen mit einem hohen Wassergehalt (Anonymus 2009). Ziel des DBU-geförderten Projektes (AZ 27346-35/0, 2009-2012) ist deshalb die umfassende Prüfung der agronomisch-ökologischen Eigenschaften von HTC-Biokohle als Voraussetzung einer landbaulichen Verwertung. Dieses Ziel wird durch die Kooperation von fünf Arbeitsgruppen erreicht, die aufeinander abgestimmt Labor-, Gefäß- und mehrjährige Feldversuche durchführen.
Im Teilprojekt (TP) 1 (Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Höxter) werden geeignete Input-Materialien sowie material- und prozesstechnische Kenngrößen des HTC-Prozesses im Hinblick auf eine optimierte landbauliche Verwertung von HTC-Biokohle identifiziert. TP 2 (Julius-Kühn-Institut, Braunschweig) untersucht agrikulturchemische Kenngrößen von HTC-Biokohle bei deren Einmischung in Boden unter standardisierten Labor- und Gefäßbedingungen. Bodenbiologische Eigenschaften stehen im Mittelpunkt des TP 3 (Freie Universität Berlin). Im TP 4 (IfZ, Göttingen; zugleich Projektkoordination) werden bodenphysikalische Effekte der Aufbringung von HTC-Biokohle sowie deren Einfluss auf das Pflanzenwachstums im Feld analysiert. Darüber hinaus ist ein KMU zur Bereitstellung der notwendigen HTC-Biokohlemengen für Feldversuche eingebunden (Teilprojekt 5: HydroCarb GmbH & Co.KG, Antrifttal).

Literatur

Anonymus (2009): http://www.bmelv.de/cln_045/nn_1021300/DE/081-NachwachsendeRohstoffe/HTC-Programm.html__nnn=true.

3-3
Klimafolgenforschung im Acker- und Gartenbau in Niedersachsen

Peter Juroszek, Magdalena Siebold und Andreas von Tiedemann
Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Allgemeine Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen, pjurosz@uni-goettingen.de

In Deutschland besteht erheblicher Forschungsbedarf zu den möglichen Folgen des Klimawandels in der Landwirtschaft. Die prognostizierte Erderwärmung wird in Deutschland und damit auch in Niedersachsen höchstwahrscheinlich besonders in den Wintermonaten zu spüren sein. Dies könnte gravierende Auswirkungen auf die Entwicklung und Infektionsbedingungen von Schaderregern haben. Zum Beispiel könnten einerseits wärmeliebende Schaderreger einwandern, andererseits könnten bereits etablierte Schaderreger ihre Bedeutung verlieren. Das vorrangige Ziel des Forschungsverbundes „KLIFF Acker- und Gartenbau“ ist es, solche und andere wahrscheinliche Veränderungen zu untersuchen. Der Forschungsverbund ist ein Teil des niedersächsischen Rahmenprogramms „Klimafolgenforschung – Szenarien für die Klimaanpassung“ (KLIFF) mit einer Laufzeit von 2009 bis 2013. „KLIFF Acker- und Gartenbau“ besteht aus 17 Institutionen von sieben Einrichtungen nämlich der Fachhochschule Osnabrück, Julius Kühn-Institut, Universität Göttingen, Universität Hannover, Universität Kassel (co-finanziert durch das Land Hessen), Universität Rostock sowie der Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz. Der Sprecher ist Prof. Dr. Andreas von Tiedemann der Georg-August-Universität Göttingen. Auf der Basis regionaler Witterungsszenarien für Niedersachsen werden vor allem potentielle Klimaeinflüsse auf Insekten, Nematoden, Pathogene und Unkräuter sowie die damit verbundenen Pflanzenschädigungen theoretisch und experimentell untersucht sowie modelliert. Darauf aufbauend werden Risikoanalysen durchgeführt und erforderliche Anpassungsstrategien im Pflanzenschutz entwickelt, um langfristig die Gesundheit und Produktivität von Nutzpflanzen unter sich verändernden Klimabedingungen aufrechtzuerhalten. Die Modellpflanzen sind wichtige Nutzpflanzen in Niedersachsen nämlich Weizen, Mais, Raps und Zuckerrübe. Abiotische Schadwirkungen und Schäden durch Insektenbefall werden außerdem an ausgewählten Obst- und Gemüsearten untersucht. Der Boden als ein Hauptfaktor gesunder und produktiver Kulturpflanzen wird ebenfalls in die Untersuchungen einbezogen. Ökonomische Analysen und Szenarien sich verändernder Landnutzungsformen werden auch durchgeführt. „KLIFF Acker- und Gartenbau“ wird erforderliche Anpassungsstrategien der Landwirtschaft an den Klimawandel prognostizieren und damit Entscheidungshilfen für Stakeholder in der Landwirtschaft bereitstellen, wobei nicht nur Risiken, sondern auch Chancen, die sich durch den Klimawandel in Niedersachsen ergeben könnten, berücksichtigt werden.

3-4
KLIMAPS-JKI – Die Online-Datenbank für Klimawandel und Pflanzenschutz

Petra Seidel; Jörg Sellmann
Anschrift Erstautor/in: Julius Kühn Institut für Kulturpflanzenforschung, Institut für Strategien und Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, petra.seidel@jki.bund.de

Aus der seit einigen Jahren intensivierten Klimafolgenforschung resultiert eine Vielzahl von teils sehr spezifischen Fachpublikationen, auch für den Bereich der Land- und Forstwirtschaft. Jedoch ist es für die Öffentlichkeit, somit auch Landwirte, Gärtner oder Berater, vergleichsweise schwierig, schnell und möglichst unkompliziert Antworten zum gegenwärtigen Kenntnisstand auf ganz konkrete Fragen zu bekommen, z.B. zum Pflanzenschutz. Die häufig englischsprachigen wissenschaftlichen Fachzeitschriften werden von diesem Kreis zumeist nicht gehalten, auch fehlt die Zeit sich systematisch mit den Arbeiten verschiedener Forschergruppen zu befassen. Fachspezifische, in der Ressortforschung genutzte Recherchesysteme wie der Referenzmanager stehen für diese Nutzer nicht zur Verfügung. Abhilfe soll hier die Online-Datenbank „KLIMAPS-JKI“ schaffen. Sie befindet sich im Aufbau und soll spätestens 2010 kostenlos online zur Verfügung gestellt werden. Eine zeitnahe, umfassende Information über neue Erkenntnisse der Forschung ist Voraussetzung für eine angemessene Reaktion auf sich verändernde Anforderungen infolge des Klimawandels.

Dem Nutzer (Ressortforschung des BMELV, Öffentlichkeit, hier insbesondere Beratern sowie Erzeugern landwirtschaftlicher Produkte) bietet KLIMAPS-JKI eine komfortable Online-Suche nach von Fachwissenschaftlern aufbereiteten Erkenntnissen zu den Folgen der Klimaänderungen für Kulturpflanzen, Schaderreger, Nützlinge, chemische und nichtchemische Pflanzenschutzverfahren, Boden, Landwirtschaft und deren Interaktionen an. Dabei soll gezielt nach den Folgen des Wirkens einzelner Klimaänderungsfaktoren wie Erwärmung, erhöhter CO_2-Gehalt, erhöhte Ozonkonzentrationen, abnehmende Niederschläge u.a. sowie ihren Kombinationen gesucht werden können. Außerdem wird es die Möglichkeit geben, die Veränderung spezifischer Merkmale von Kulturpflanzen, Schaderregern usw. als Folge des Klimawandels anzuzeigen.

Aufbau und Funktionsweise von KLIMAPS-JKI werden vorgestellt: Über das KLIMAPS-JKI-Portal (JKI-Homepage oder http://klimaps.jki.bund.de) werden dem Nutzer auf der Startseite 2 Zugänge angeboten: Suche als Freitextsuche analog google (für alle Interessenten) und Login → Dateneingabe (für authentifizierte Fachwissenschaftler).

3-5
Virusvektoren und insektenübertragene Viren – Klimawandel und Züchtung

Antje Habekuß, Edgar Schliephake, Monique Juergens, Christine Riedel, Ramona Thieme, Jörg Schubert, Frank Ordon
Julius Kühn-Institut, Erwin-Baur-Straße 27, 06484 Quedlinburg, antje.habekuss@jki.bund.de

Insektenübertragene Viren sind bedeutende Pathogene verschiedener Kulturpflanzen. Viele Viren werden durch Blattläuse persistent oder nicht persistent übertragen, wie z. B. das *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) des Getreides, das *Turnip yellows virus* (TuYV) im Raps sowie das *Potato leafroll virus* (PLRV) und das *Potato virus Y* (PVY) der Kartoffel. Weitere wichtige Virusvektoren sind Zikaden, wie z. B. der für die Landwirtschaft bedeutsame Überträger des *Wheat dwarf virus* (WDV) des Getreides *Psammotettix alienus*. In Anbetracht der prognostizierten Erwärmung infolge des Klimawandels, welche generell die Entwicklung der Insekten fördert, ist eine zunehmende Bedeutung der insektenübertragenen Viren zu erwarten. Folgen der Klimaerwärmung für die Insekten sind sowohl eine Arealausweitung als auch eine Verschiebung des zeitlichen Auftretens. Für die Blattläuse bedeutet dies das Auftreten neuer Arten, einen früheren Flugbeginn, eine längere Flugperiode und ein zunehmender Anteil von Tieren mit anholozyklischer Überwinterung. Bei den Zikaden ist neben der Ausweitung ihrer Areale mit längeren Aktivitätsperioden bzw. zusätzlichen Generationen im Jahr zu rechnen. Insbesondere für die Blattläuse folgen daraus, ein zeitigerer Infektionsbeginn im Frühjahr, gefördert durch die zunehmende anholozyklische Überwinterung, ein höherer Befallsdruck im Sommer und längere Infektionsperioden im Herbst.

Da eine direkte Virusbekämpfung nicht möglich ist, werden die Kulturen bisher großflächig und regelmäßig mit Insektiziden zur Bekämpfung der Vektoren behandelt. Die einzige Alternative zur Vektorenbekämpfung besteht in der Züchtung virusresistenter bzw. -toleranter Sorten.

Für die Toleranz gegenüber BYDV sind bei Gerste bisher drei QTL auf den Chromosomen 2H, 3H und 6H beschrieben, welche inzwischen markergestützt in einem Genotyp kombiniert (pyramidisiert) werden konnten. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass die Kombination der positiven Allele eine deutliche Reduktion des Virusgehaltes bewirkt und der Ertrag bei solchen Genotypen durch eine Virusinfektion nicht signifikant verringert wird. In der Sorte ‚Post', welche den BYDV QTL auf Chromosom 2H trägt, wurde außerdem eine Toleranz gegenüber WDV nachgewiesen, deren genetische Grundlage gegenwärtig analysiert wird.

Im Raps steht mit dem Resyntheseraps R54 eine wirksame TuYV-Resistenzquelle zur Verfügung und ein molekularer Marker erlaubt eine beschleunigte Introgression dieser Resistenz in adaptiertes Zuchtmaterial. Eine weitere Resistenzquelle, die auf *Brassica oleracea* zurückgeht, wird momentan bearbeitet.

Bei der Kartoffel werden neue Virusresistenzquellen aus *Solanum*-Wildarten erschlossen, wobei die Resistenzen über somatische Fusionen von Protoplasten in Kulturformen übertragen werden.

3-6
Mehr neue Schadorganismen durch Klimawandel in Deutschland? – Anpassungsstrategien im Bereich Pflanzengesundheit

Hella Kehlenbeck, Gritta Schrader und Thomas Schröder
Julius-Kühn-Institut, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, hella.kehlenbeck@jki.bund.de

Auswirkungen von Klimaänderungen auf Schadorganismen und Wirtspflanzen

Die prognostizierten Folgen des Klimawandels wie Anstieg der Temperaturen, veränderte Niederschlagsmengen und -verteilungen, Erhöhung der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre oder Zunahme extremer Witterungsbedingungen haben auch weitreichende Konsequenzen für Schadorganismen und deren Wirtspflanzen. So können sich höhere Temperaturen einerseits direkt auf die Reproduktionsraten von Schadorganismen auswirken. Dies kann zur Erhöhung der Chance der Etablierung und Überdauerung führen, z.B. durch erfolgreiche Überwinterung in sonst ungünstigen Gebieten. Andererseits sind indirekte Effekte u.a. durch veränderte Wirt-Parasit-Beziehungen möglich, wenn Wirtspflanzen durch Temperaturextreme und Niederschlagsmangel physiologisch geschwächt werden, was wiederum Schadorganismen begünstigen kann. Insgesamt sind durch den Klimawandel Veränderungen hinsichtlich der Einschleppung, Ansiedlung, und Ausbreitung neuer aber auch bisher nur begrenzt vorkommender Schadorganismen von Pflanzen zu erwarten, wobei deren Verbreitung regional zu- oder auch abnehmen kann. Ein (mono)kausaler Zusammenhang wird sich nicht in jedem Fall herstellen lassen, da auch andere Faktoren, wie beispielsweise der globale Handel, der vielfach erst die Basis für eine Verschleppung darstellt, eine Rolle spielen.

Beispiele für Schadorganismen von Pflanzen

Bei vielen pflanzengesundheitlich relevanten Schadorganismen, deren bisherige Verbreitung durch klimatische Gegebenheiten begrenzt ist, dürften Klimaänderungen diese Grenzen verschieben. Für den Bereich Wald und Forst haben Analysen ergeben, dass eine Temperaturerhöhung von +3°C im Jahresdurchschnitt für das sehr aggressive Pflanzenpathogen ***Phytophthora cinnamomi*** die Überwinterungschancen und damit auch eine erhebliche Ausbreitung in Richtung Nordeuropa mit schweren Schädigungen der zahlreichen Wirtsbäume ermöglichen würde. Der außergewöhnlich heiße Sommer des Jahres 2003 hat gezeigt, dass sich Entwicklungszyklen von Schadorganismen verkürzen können. So wurde bei ***Anoplophora glabripennis*** eine von zwei auf ca. eineinhalb Jahre verkürzte Entwicklungsdauer vom Ei bis zum geschlüpften Käfer beobachtet. Konnte man in den Auftretensgebieten Österreichs und Deutschlands bis dahin von einem Schlupf der Käfer im Zweijahresrhythmus ausgehen, sind nun jährlich Käfer zu beobachten, da frisch im Jahr 2003 abgelegte Eier bereits im Spätsommer des Jahres 2004 bis zum Käfer entwickelt waren und schlüpften und nicht erst im Jahr 2005. Für die Ausbildung von Schäden wird beim **Kiefernholznematoden *Bursaphelenchus xylophilus*** als limitierendes Kriterium angesehen, dass die Juli/August Isotherme 20 °C betragen muss, was in vielen nordeuropäischen Ländern derzeit nicht der Fall ist. Unabhängig davon könnte sich der Nematode nach einer Einschleppung

etablieren, da heimische Vektorkäfer vorhanden sind. Geänderte Temperaturbedingungen könnten damit das Gebiet, in dem in Europa durch den Kiefernholznematoden massive Forstschäden zu erwarten wären, deutlich vergrößern.
Einige Schadorganismen, die in Nordeuropa bisher nur im Gewächshaus vorkommen und auch nur dort den Winter überdauern können, wie ***Bemisia tabaci*** und ***Thrips palmi*** – beide im Gemüse- und Zierpflanzenbau gefürchtete Blattsauger und wichtige Virusüberträger mit sehr breitem Wirtspflanzenspektrum – könnten sich infolge des Klimawandels voraussichtlich auch im Freiland etablieren und dort große Schäden verursachen.

Anpassungsstrategien im Bereich Pflanzengesundheit

Aufgrund der Komplexität der zu erwartenden Veränderungen und der unterschiedlichen Einflussfaktoren, sind langfristige Prognosen derzeit noch schwierig. Dennoch ist davon auszugehen, dass insbesondere viele wärmeliebende Schadorganismen in ihrer Ausbreitung in neue Regionen in gemäßigten Klimazonen begünstigt werden mit sehr negativen Folgen für die Nahrungs-, Futtermittel- oder Holzproduktion durch Ertragseinbußen oder die Notwendigkeit, mehr Pflanzenschutzmittel anzuwenden. Aus Sicht der Pflanzengesundheit ist es daher dringend erforderlich, den **Klimawandel bei der Bewertung des Risikos der Ein- und Verschleppung von Schadorganismen in Europa** zu **berücksichtigen** und bereits durchgeführte Risikoanalysen, die auf älteren Klimadaten basieren, diesbezüglich zu überprüfen. **Pflanzengesundheitliche Regelungen müssen an die neuen Bedingungen angepasst werden**. **Monitorings** sowohl bekannter als auch neuer Schadorganismen sollten intensiviert werden, um Veränderungen rechtzeitig erkennen und schnell darauf reagieren zu können. Die gezielte, spezifische **Erforschung und Modellierung der Zusammenhänge zwischen Klimaänderungen und der Entwicklung und Ausbreitung pflanzengesundheitlich bedeutender Schadorganismen von Pflanzen** sollte forciert werden, basierend auf fundierten biologischen Daten für Schadorganismen, Wirtspflanzen, Wirt-Parasit-Beziehungen und deren Anpassungsfähigkeiten sowie auch natürliche Gegenspieler.

3-7
Regional differenzierte Analyse der Beregnung als Anpassungsstrategie der Landwirtschaft an den Klimawandel in Deutschland

Jano Anter,
Johann Heinrich von Thünen Institut, Institut für Ländliche Räume,
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, jano.anter@vti.bund.de

Problemstellung und Zielsetzung

Die Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft haben sich in den vergangenen Jahren stark gewandelt. Steigende Agrarpreise sowie die Förderung der Bioenergie haben in Deutschland zu einer spürbaren Erhöhung der Landnutzungsintensität geführt. Wasser erweist sich zunehmend als begrenzender Produktionsfaktor; ein Trend der nach den Klimaprognosen, in denen von einem Rückgang der Niederschläge in der Wachstumsperiode ausgegangen wird, zunimmt.

Klimabedingte Ertragsausfälle und wachsende Produktionskosten steigern die Bedeutung von produktionstechnischen Lösungen zur Stabilisierung des Pflanzenertrags, so dass eine Ausdehnung der Beregnung in Deutschland erwartbar ist. Da ein zunehmender Wasserbedarf für Beregnungszwecke die regional bereits bestehenden Wassernutzungskonflikte verstärken kann, besteht in diesem Bereich ein besonderer Bedarf an Informationen, die im Rahmen dieser Analyse erarbeitet werden.

Material und Methoden

Auf Basis des Bodenwasserhaushaltes und der aus der pflanzenspezifischen Evapotranspiration hergeleiteten klimatischen Wasserbilanz werden Abschätzungen des gegenwärtigen und zukünftigen potenziellen mittleren Beregungsbedarfes getroffen. Die Berechnungen beruhen auf gemessenen Klimadaten der Jahre 1990-2006 sowie simulierten Klimadaten der Jahre 2007-2060, die bundesweit auf Gemeindeebene analysiert wurden.

Ergebnisse und Ausblick

Die kulturartenspezifische Beregnungsbedürftigkeit wurde in Abhängigkeit von Klima, Boden und Pflanze abgebildet und die Beregnungsbedürftigkeit für ein realistisches mittleres Klimaszenario (IPCC A1B) ermittelt.

Derzeit werden die Beregnungskosten spezifiziert, so dass im Anschluss die Berechnung der Beregnungswürdigkeit über Fruchtfolgen und Anbaustruktur erfolgen kann. Des Weiteren soll eine Analyse der Nachhaltigkeit der Beregnung (Beregnungsbedarf versus Grundwasserneubildung) durchgeführt werden.

3-8
Bestimmung des Water Footprint zur Bewertung von Verfahren unter den Bedingungen des Klimawandels

Katrin Drastig, Matthias Plöchl, Hilde Klauss, Monika Heiermann, Annette Prochnow
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam,
kdrastig@atb-potsdam.de

Arbeitsgruppe

Am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB) wird die Arbeitgruppe „Anpassung an den Klimawandel“ ins Leben gerufen. Alleinstellungsmerkmal ist die Verbindung der agrartechnischen und der hydrologischen Expertise.

Der Wasser-Fußabdruck (engl. Water Footprint) wird über das Wasservolumen (Blue Water, Green Water und Abwasser) bestimmt, dass benötigt wird, um bestimmte Güter herzustellen (Chapagain und Hoekstra 2004). Die Auswirkungen des Klimawandels könnten zu Ertragseinbußen und Überbeanspruchung führen. Unsere Arbeitsgruppe verwendet den Water Footprint, um Maßnahmen und Verfahren zur Anpassung an den Klimawandel nach BMLEV (2008), Folgart (2007), Noleppa (2008), Plöchl (2005) und Quast (2008) modellhaft zu bewerten, als auch um den Nachhaltigkeitsindikatoren ein Werkzeug hinzuzufügen

Methode

Die Bestimmung des Water Footprint erfolgt über eine Modellierung. Ein Vorteil des Water Footprint besteht in der Betrachtung der Pfade der drei Water Footprint Komponenten. Eine nicht nachhaltige Bewirtschaftung zeigt sich z.B. bei der Nutzung des Grundwassers im Ungleichgewicht mit der Neubildung im Blue Water Footprint. In Abhängigkeit vom Wassermanagement des Betriebszweigs verändern sich die Komponenten des Water Footprints.

Wir planen eine Berechnung mit variabler Komplexität des Ansatzes.

Literatur

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y. (2004) Water footprints of nations: Volume 1: Main Report, Value of Water Research Series No. 16, Vol. 1, UNESCO-IHE.

BMELV (2008) Bericht zum Klimaschutz im Bereich Land- und Forstwirtschaft, Bonn/Berlin, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) .

Folgart, U. (2007) pers. Komm., Symposium „Klima - Wasser - Landwirtschaft“, Dahlewitz.

Plöchl, M., 2005, Landwirtschaft bei Dürre und Flut, Potsdam-Bornim, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB). Chapagain, A. K., and A. Y. Hoekstra, 2004, Water footprints of nations: Volume 1: Main Report, Value of Water Research Series No. 16, v. 1, UNESCO-IHE.

Quast, J. (2008) pers. Komm.

3-9
Hitze- und trockentolerante Kartoffeln zur Anpassung an den Klimawandel

Christiane Balko [1)], Anette Giesemann [2)]
[1)] JKI, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, R.-Schick-Platz 3, 18190 Groß Lüsewitz, christiane.balko@jki.bund.de
[2)] vTI, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, anette.giesemann@vti.bund.de

Die durch den Klimawandel bedingten Veränderungen in der Umwelt unserer Kulturpflanzen sind sehr komplex und lassen sich nicht auf einzelne Stressfaktoren wie Trockenheit oder Hitze beschränken. Effekte multipler Stressoren auf die Pflanze können sich gegenseitig abmindern, aber auch verstärken. Gerade aber über das komplexe Zusammenspiel von Stressfaktoren bezüglich Ertrags- und Qualitätsbildung der Pflanze ist noch vergleichsweise wenig bekannt.

Von der Kartoffel, die vor allem in kühlen Hochlagen der Anden zu Hause ist, ist bekannt, dass sie empfindlich auf Trocken- und Hitzestress reagiert. Klimaprognosen sagen, dass wir uns in der Vegetationszeit mit beiden Witterungsextremen in Zukunft häufiger konfrontiert sehen werden. Es stellt sich also die Frage, wie die Kartoffeln auf beide Stressfaktoren und vor allem auf die Kombination beider Stressfaktoren reagiert, wie groß die genotypische Variabilität in dieser Reaktion ist und mit Hilfe welcher Merkmale auf eine erhöhte Toleranz bezüglich beider Stressfaktoren selektiert werden kann.

Zur Beantwortung dieser Fragestellung wurden zunächst 5 Genotypen der mittelfrühen Reifegruppe in einem Gefäßversuch ab Knollenansatz zwei verschiedenen Temperaturstufen (18 °C / 22 °C normal-kühl und 28 °C / 32 °C Nacht/Tag Hitzestress) sowie 2 Wasserversorgungsstufen (70 % der maximalen Wasserkapazität des Bodens (WK) normal-feucht und 35 % WK Trockenstress) ausgesetzt. Über die Stressphase wurden morphologische und physiologische Merkmale (Wuchshöhe, Chlorophyllgehalt, Prolingehalt, Gesamtgehalt löslicher Zucker, Osmolalität im Zellsaft, ^{13}C Diskriminierung etc. erfasst. Nach Abreife wurden Ertrag, Ertragsparameter und Qualität der geernteten Knollen bestimmt und abgeleitete Parameter wie die Wassernutzungseffizienz berechnet.

Trockenstress bei normal-kühlen Temperaturen verursachte vergleichsweise weniger Ertragsverluste als Hitzestress – unabhängig von der Wasserversorgung. Daneben war vor allem bei Hitzestress eine deutliche Beeinträchtigung der Qualität zu beobachten: der Stärkegehalt nahm ab, die Bildung kleiner Knollen, Schorfbesatz, Kindelbildung und Zwiewuchs nahmen zu. Bei allen Veränderungen traten signifikante Sortenunterschiede auf.

Auch bei den untersuchten physiologischen Merkmalen konnte eine deutliche Reaktion auf die Stressfaktoren beobachtet werden. So war die Wassernutzungseffizienz (WUE) bezogen auf den Knollenertrag unter Hitzestress deutlich niedriger als unter normal-kühlen Bedingungen, unter Trockenstress in beiden Temperaturstufen aber höher als bei der jeweils gut bewässerten Variante. Die höchste WUE bei Hitzestress wies die als hitzetolerant beschriebene Sorte ‚Norchip' auf. Dies wurde durch Untersuchungen zur ^{13}C Diskriminierung bestätigt.

Die osmotische Adaption erfolgte primär in Anpassung an die Trockenstressbedingungen, Hitzestress wirkte sich tendenziell negativ aus. Dagegen war der Gesamtgehalt löslicher Zucker unter Trocken- wie auch Hitzestress erhöht, die höchsten Gehalte fanden sich dementsprechend in der Variante mit kombiniertem Trocken- und Hitzestress. Die Akkumulation von freiem Prolin war unabhängig von der Temperatur vor allem unter Trockenstressbedingungen erhöht. Bei allen Merkmalen konnten signifikante genotypische Unterschiede als Grundlage einer Selektion beobachtet werden.

3-10
Verbesserung der Trockentoleranz der Kartoffeln als Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel

Anne Bartelmann, Ana-Gloria Badani-Dehmer und Sylvia Seddig;
Julius Kühn-Institut, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, OT Groß Lüsewitz,
Rudolf-Schick-Platz 3, 18190 Sanitz, anne.bartelmann@jki.bund.de

Im Zuge des Klimawandels werden abiotische Stressfaktoren, wie z.B. Trockenheit, einen immer stärkeren Einfluss auf die Entwicklung von Nahrungspflanzen nehmen. Trockenstress induziert diverse Stoffwechselveränderungen und Änderungen in der Genexpression, die sowohl vom physiologischen Zustand der Pflanze selbst, als auch von der Dauer und Intensität des Stresses abhängig sind. Pflanzen reagieren auf diesen Stress mit der Akkumulation von verschiedenen Metaboliten, wie z.B. Prolin, freien Aminosäuren, Abscisinsäure (ABA) oder löslichen Zuckern, die als Indikatoren für Trockentoleranz verwendet werden können. Mithilfe von *Arabidopsis thaliana* (L.) als Modellpflanze konnten bereits Stoffwechselwege, die in der Trockenstressreaktion und Trockentoleranz involviert sind, identifiziert und die entsprechenden Gene charakterisiert werden.
Die Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.), die zu den vier wichtigsten Nahrungspflanzen weltweit zählt, gilt als sehr sensitiv gegenüber Trockenstress, da sie über ein relativ schwaches Wurzelsystem verfügt und für die Ausbildung von Knollen einen sehr hohen Wasserbedarf hat. Eine gezielte züchterische Verbesserung der Kartoffel bezüglich Trockentoleranz kann einen nachhaltigen Beitrag zur Stabilisierung des Anbaus unter ungünstigen klimatischen Bedingungen leisten und somit zur Sicherung des steigenden Nahrungsmittelbedarfs der wachsenden Weltbevölkerung beitragen.
Zur Identifizierung von Kartoffel-Genen, die an der Trockentoleranz beteiligt sind, sind Anbau, Bonitur und Beprobung ausgesuchter sensibler und toleranter Kartoffelgenotypen unter Kontroll- und praxisrelevanten Trockenstressbedingungen notwendig. Darüber hinaus sind alle Ertrags- und Qualitätsparameter nach der Ernte zu erfassen. In den zu unterschiedlichen Zeitpunkten entnommenen Blattproben wurden zum einen Inhaltsstoffe (z.B. Prolin, Zucker und Protein) bestimmt, zum anderen wurde RNA aus Blattmaterial extrahiert und mittels der Reversen Transkription (RT) in cDNA umgeschrieben um letztendlich die Expression verschiedener Kandidatengene mittels Realtime RT-PCR zu untersuchen. Es wurden bereits mehr als 40 Kandidatengen-Primer, z.B. für Transkriptionsfaktoren, Signaling-Gene oder Gene, welche in die Detoxifizierung von Sauerstoffradikalen (reactive oxygen species, ROS) involviert sind, entwickelt. Nach einem ersten Test mit cDNA und genomischer DNA wurde eine Auswahl dieser Primer in Realtime RT-PCR-Vorversuchen optimiert und steht für ein Screening zur Verfügung.
Zielstellung ist es letztendlich, basierend auf der Phänotypisierung eines diversen Kartoffelsortimentes hinsichtlich seiner Trockentoleranz, Gene zu identifizieren, die an der Trockentoleranz beteiligt sind und molekulare Marker für die schnellere Selektion von toleranten Genotypen zu entwickeln.

3-11
Genetische und molekulare Analyse der Eignung von Hybridroggen für die Biogasproduktion unter Trockenbedingungen

M. Hübner, P. Wilde und T. Miedaner

Universität Hohenheim, Landessaatzuchtanstalt, D-70593 Stuttgart, marlen.huebner@uni-hohenheim.de

Eine wesentliche Voraussetzung für eine wettbewerbsfähige Bioenergieproduktion in Deutschland sind preisgünstige Rohstoffe. Roggen (*Secale cereale* L.) bietet hierfür viele Voraussetzungen, da nur etwa 23% der Ernte für die Broterzeugung benötigt werden, er auch auf sandigen, trockenheitsgefährdeten Standorten (Lüneburger Heide, Brandenburg etc.) konkurrenzfähig erzeugt werden kann und durch intensive Hybridzüchtung eine sehr hohe Produktivität gewährleistet. Roggen ist nährstoffeffizient, winterhart und hat auch unter trockenen Bedingungen noch eine hohe Massebildung. Gegenüber Weizen erfordert Roggen einen niedrigen Betriebsmitteleinsatz und kann deshalb energieeffizienter und mit weniger CO_2-Ausstoß angebaut werden. Die Ausdehnung der Märkte nach Osteuropa (Polen, Russland) und die Folgen des Klimawandels erfordern gleichzeitig eine hohe verbesserte Trockenheitstoleranz. Einen großen Vorteil besitzen Hybridesorten, denn die Heterosis ist unter Stressbedingungen noch höher ist als unter optimalen Bedingungen. Roggen kann als Ganzpflanzensilage (GPS) und/oder Korn für die Biogasproduktion eingesetzt werden, deshalb soll neben der Gesamttrockenmasse zur Milchreife auch der Kornertrag zur Druschreife geprüft werden.

Ziel des gerade begonnenen Projekts ist es deshalb, die Biomasse- bzw. Körnerleistung eines (1) genetisch divergenten Sets von Hybridmaterial, sowie (2) spaltender Nachkommenschaften unter Normal- und Trockenstressbedingungen (bewässert/ nicht bewässert) zu prüfen, quantitativ-genetische Parameter für die Biomasseleistung und Trockentoleranz (direkte Merkmale) sowie indirekte Merkmale zu schätzen und die verantwortlichen Bereiche im Roggengenom (QTL Analyse) zu identifizieren. Diese können dann in Zukunft funktional charakterisiert und gezielt in das Zuchtmaterial eingekreuzt werden.

3-12

Identification of drought stress associated proteins, which improve drought tolerance during grain filling, in a series of exotic barley introgressions.

Tim March and Klaus Pillen
Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle (Saale),
klaus.pillen@landw.uni-halle.de

Drought stress during grain filling can result in reduced grain fill and subsequent loss in grain yield. This project aims to identify novel exotic proteins associated with improved drought tolerance during grain filling in barley. To achieve this aim a set of spring barley introgression lines (S42-ILs) that originate from the cross Scarlett (*H. vulgare*) x ISR42-8 (*H. spontaneum*) (Schmalenbach et al. 2008) were screened for drought tolerance during grain filling.

In total 49 S42-ILs and Scarlett as the control genotype were grown in the glasshouse using an automated irrigation system. At 10 DPA the irrigation system was set to provide well-watered and drought stress conditions. Plants were scored for physiological traits including flowering time, grain maturity, biomass, number of ears, grains per ear, thousand grain weight, grain yield and harvest index. This phenotype data was then used for line by trait association studies to identify QTL. This analysis identified exotic alleles associated with increased and also decreased plant performance under drought stress. Furthermore, we could also confirm several QTL detected in previous field experiments using this S42-IL population.

To understand the molecular mechanism controlling identified QTL a proteomics study is underway. From selected drought tolerant S42-ILs and Scarlett that have been grown under well-watered and drought stress conditions proteins will be extracted from grain samples collected at 12, 16, 20 and 24 DPA. Differentially expressed proteins will then be detected using quantitative 2D gel electrophoresis. Identified proteins associated with improved drought tolerance can then potentially be used as diagnostic bio-markers to assist in the selection of higher yielding barley lines under drought conditions. Furthermore, this research will give a greater understanding of the genetic and biochemical mechanisms that control drought tolerance in barley.

Literatur

Schmalenbach, I., Körber, N. and Pillen, K. (2008). Selecting a set of wild barley introgression lines and verification of QTL effects for resistance to powdery mildew and leaf rust. Theoretical and Applied Genetics 117, 1093-1106.

3-13
Empirische Analyse klimabedingter Ertragsschwankungen in Abhängigkeit natürlicher Standortparameter am Beispiel des Winterweizens in Deutschland

Agnes Richmann; Roger Stonner,
Johann Heinrich von Thünen Institut, Institut für Ländliche Räume, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,
agnes.richmann@vti.bund.de, roger.stonner@vti.bund.de

Problemstellung und Zielsetzung

In den letzten Jahren hat die Diskussion über den Klimawandel stark zugenommen. Große Bedeutung hat dieser insbesondere auf die Landwirtschaft, deren vor- und nachgelagerte Bereiche (Versicherungswirtschaft, Beregnungswirtschaft) sowie politische Frage- und Zielstellungen, wie die Förderung von Nachwachsenden Rohstoffen. Um die Bewirtschaftungsintensität und Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren und deren Umweltwirkungen zu bewerten, werden Ertragsdaten benötigt.

Für die Analyse der auf die Landwirtschaft wirkenden Klimaveränderungen steht dem großen Bedarf nach hoch aufgelösten Datengrundlagen nur ein begrenztes Datenangebot, das flächendeckend bisher nur auf NUTS III-Ebene verfügbar ist, gegenüber. Die Anwendung empirischer Modelle stellt eine Methode der (fast) flächendeckenden Bereitstellung von Ertragsdaten auf kleinräumiger Ebene dar, die z.B. zur Verringerung von Aggregationsfehlern regionaler Agrarsektormodelle wie RAUMIS herangezogen werden können.

Material und Methoden

Die GIS-gestützte Analyse erfolgte anhand von Boden- und Klimadaten der Jahre 1990-2006 sowie für ein mittleres Klimaszenario der Jahre 2007-2060 in wöchentlicher Auflösung auf Gemeindeebene. Es wurde eine Differenzierung der klimatischen Parameter anhand phänologischer Phasen vorgenommen, welche mit anonymisierten Ertragsdaten des Testbetriebsnetzes verknüpft wurden. Anhand dieser Datengrundlage wurden auf NUTS I-Ebene regionalisierte Regressionsanalysen durchgeführt.

Ergebnisse und Ausblick

Die Validierung der Modelle, anhand der beobachteten und geschätzten Erträge der Jahre 1995 bis 2006 zeigt, dass diese die Erträge tendenziell unterschätzen. Etwa 70% der geschätzten Ertragswerte weisen eine Abweichung von maximal ±20% auf. Angesichts des durch nicht kontrollierbare Einfluss- und Störgrößen begrenzten Erklärungsgehalts sind die Ergebnisse dennoch vielversprechend.

Weitere Analysen werden zeigen, ob eine Differenzierung nach Betriebstypen und Regionalisierung nach Standortparametern zu einer Verbesserung der Schätzungen führt.

3-14
Gemeinschaftsforschung als Basis zur Anpassung an den Klimawandel

Dr. Carl Bulich, Stefan Lütke Entrup
Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GFP), Kaufmannstraße 71, 53115 Bonn,
E-Mail: cbulich@bdp-online.de

Die GFP ist ein von Pflanzenzüchtern getragener, gemeinnütziger Verein. Zusammen mit Vertretern der Mitgliedsunternehmen sowie Wissenschaftlern aus universitären, Landes- und Bundesforschungsinstituten koordiniert, unterstützt und begleitet sie Forschungsvorhaben in der Pflanzenzüchtung. Durch ihre Mittlerrolle zwischen Forschung und Praxis können Forschungsvorhaben gezielt an die Bedürfnisse der Züchtungsunternehmen angepasst werden. Die zweckgebunden eingeworbenen öffentlichen Forschungsgelder und private Mittel werden ausschließlich in der vorwettbewerblichen Gemeinschaftsforschung eingesetzt. Die Ergebnisse aus GFP-Forschungsprojekten fließen direkt in die Sortenentwicklung der Mitgliedsunternehmen ein. Die GFP-Mitgliedsunternehmen bearbeiten aktuelle Fragestellungen bei den wichtigsten landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturen in 9 Fachabteilungen (Betarüben; Futterpflanzen; Gemüse, Heil- und Gewürzpflanzen; Getreide; Kartoffeln; Mais; Öl- und Eiweißpflanzen; Reben; Zierpflanzen). Die Pflanzenzüchter begegnen den Herausforderungen des Klimawandels mit dem bewährten Instrument der Gemeinschaftsforschung. Erste Erfolg versprechende Forschungsansätze zum abiotischen Stress werden bereits durchgeführt. Ein im BMBF-Programm „Klimazwei“ gefördertes Verbundprojekt untersucht die Anpassung von Weizen an den Klimawandel. Durch zunehmende Frühjahrstrockenheit sind in Deutschland bei Winterweizen kaum noch Ertragssteigerungen zu verzeichnen. Durch eine züchterische Verfrühung des Blühzeitpunktes soll erreicht werden, dass die Blüte vor der Wasserstressperiode abgeschlossen wird. Hierzu wird die genetische Diversität eines weltweiten Weizensortiments systematisch untersucht und positiv evaluierte Genotypen in das europäische Weizenzuchtmaterial eingekreuzt. Zusätzlich werden in einem parallel durchgeführten Projekt Klimaszenarien für die heutigen Weizenanbaugebiete errechnet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen fließen in ein weiteres Projekt ein und liefern in Verbindung mit ökonomischen Datensätzen die Grundlage zur klimabezogenen Beratung von landwirtschaftlichen Betrieben. Ein weiteres Verbundprojekt im Rahmen des BMELV-Innovationsprogramms untersucht Screening-Verfahren zur Identifizierung und Bewertung trockenstresstoleranter Genotypen von Zierpflanzen. Ziel ist ein zuverlässiger Test, um bei den Zierpflanzenarten Begonie, Impatiens und Petunie frühzeitig trockenstresstolerante Pflanzenlinien zu selektieren, die beim Verbraucher zu weniger Pflegeaufwand, längerer Haltbarkeit und zur Kostenersparnis führen. Zukünftige Lösungsansätze zur Anpassung an den Klimawandel wurden im DLG-/GFP-Symposium „Klimawandel: Züchtung für extreme Umwelten“ Ende März in Bonn gelegt. Forscher unterschiedlicher Fachdisziplinen und Pflanzenzüchter haben Erfahrungen ausgetauscht und Konzepte diskutiert, um neue Konzepte zur Pflanzenforschung zu entwickeln. Nur durch eine stärkere Vernetzung von Wissenschaftsbereichen wird es gelingen, alle Möglichkeiten der Nutzpflanzenerzeugung auszuschöpfen. Ertragsstabilität und Nachhaltigkeit werden wesentliche Zielkriterien dieses FuE-Konzeptes sein.

Themenblock 4: Tierhaltung: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel

Moderation: Ulrich Meyer, Friedrich-Löffler-Institut (FLI), Institut für Tierernährung

Nummer	Titel und Autoren	Seite
4-1	Abbildung von Stoff- und Energieflüssen bei Säugetieren im landwirtschaftlichen Emissionsmodell GAS-EM *von Hans-Dieter Haenel et al.*	153
4-2	Bilanzierung der klimarelevanten Wirkungen durch die Tierproduktion. Übersicht über Vorgehensweise und Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Emissionsinventare *von Hans-Dieter Haenel et al.*	155
4-3	Emissionen bei der Milchviehhaltung in frei gelüfteten Ställen *von Merike Fiedler, Hans-Joachim Müller*	156
4-4	Methananfall und Milchproduktion *von Klaus Walter*	157
4-5	Konsequenzen und Anpassungen für die niedersächsische Milch- und Rinderproduktion durch Klimaänderungen auf regionaler Skala - Vorstellung des Forschungsthemas 4 (Tierproduktion) im niedersächsischen Forschungsverbund Klimafolgeforschung (KLIFF) *von Martin Potthoff*	158
4-6	KLIFF-FT4 TP1.1 - Leistungseigenschaften beim Milchrind: Einflussgrößen, Wechselwirkungen und züchterische Maßnahmen in verschiedenen Produktionssystemen *von Kerstin Brügemann, Sven König*	159
4-7	Effekte der Produktionssysteme auf Primär- und Sekundärmerkmale beim Milchrind (KLIFF-FT4 TP1.2) *von Christine, Matthias Gauly*	160
4-8	Auswirkungen klimatisch bedingter Vegetationsänderungen auf Ernährung und Stoffwechsel von Wiederkäuern (KLIFF, FT4, Teilprojekt 2.2) *von Nina Burmester et al.*	161
4-9	Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Futterwert ausgewählter Pflanzen sowie Futteraufnahme, Leistung und physiologische Parameter von Milchkühen und Mastrindern *von Malte Lohölter et al.*	162
4-10	Futterproduktion auf Dauergrünland in Niedersachsen unter ‚climate change' *von Frank Küchenmeister et al.*	163
4-11	Leguminosen-basierte Graslandwirtschaft als Beitrag zur Sicherung der Grundfuttererzeugung *von Kai Küchenmeister et al.*	164
4-12	Auswirkungen von Temperaturerhöhungen auf die DNA-Integrität der Spermien und Embryonalentwicklung bei Rindern *von Oguz Calisici et al.*	165
4-13	Erfassung und Kontrolle von steigenden Gesundheitsrisiken durch parasitäre Infektionserreger bei Rindern als Folge globaler Veränderungen *von C. Holzhausen et al.*	166

4-1
Abbildung von Stoff- und Energieflüssen bei Säugetieren im landwirtschaftlichen Emissionsmodell GAS-EM

Hans-Dieter Haenel (vTI-AK), Claus Rösemann (vTI-AK), Ulrich Dämmgen (TiHo Hannover)

In der Tierproduktion sind die Flüsse von Wasser, Kohlenstoff, Stickstoff und Energie miteinander verknüpft. Die Modellierung von Emissionen mit dem Modell GAS-EM beschreibt diese Flüsse mechanistisch und integriert. GAS-EM ermöglicht das Durchrechnen von Szenarien. Da emissionsmindernde Maßnahmen für einen Stoff immer alle Stoffe betreffen, können auf diese Weise unerwünschte Nebeneffekte frühzeitig erkannt werden.

Schritt 1: Beschreibung des Energiebedarfs

Der Bedarf an umsetzbarer Energie (ME) ist abhängig vom Erhaltungsbedarf (ME_m) und der Leistung des Tieres (Gewichtszunahme (ME_g), Trächtigkeit (ME_p), produzierte Milchmenge (ME_l)).

Schritt 2: daraus abgeleitet die Futteraufnahme (Menge und Bestandteile)

Die Futteraufnahme erfolgt entsprechend dem Energiebedarf, sie ist nach oben begrenzt durch die maximale Trockenmasseaufnahmefähigkeit. Die Zusammensetzung der Futtermittel stellt sicher, dass mit der energiebedarfsgerechten Fütterung auch der Nährstoffbedarf gedeckt ist.

Die Kenntnis der Zusammensetzung der Futtermittel ermöglicht die Berechnung der Verdaulichkeit und der Umsetzbarkeit.

Schritt 3: Berechnung der retinierten und abgegebenen Stoffmengen:

Für das Wachstum werden Teile der mit der Nahrung aufgenommenen Stoffe im eigenen Körper eingelagert (retiniert). Die übrigen Stoffe werden mit Kot, Harn, Milch, Nachkommen, Haaren und Schuppen sowie als Gas wieder abgegeben.

Schritt 4: Verfolgen von N und C durch das Wirtschaftsdünger-Management und Berechnung der Emissionen (Stall, Lager, Ausbringung, Weide)

Die Berechnung beruht auf dem Massenfluss-Konzept. Entsprechend der Verweilzeiten der Tiere werden die Ausscheidungen auf Stall und Weide verteilt. Zusätzliche Stoffeinträge mit Stroh in den Stall werden ebenso wie Umwandlungsvorgänge (Mineralisierung/Immobilisierung) im Lager berücksichtigt.

Beim Stickstoff werden Emissionen von NH_3, N_2O, NO und N_2 berechnet. Der N-Stofffluss wird um die Beträge vorausgegangener Emissionen vermindert. Eine N-Bilanzierung ist im Prinzip möglich.

Beim Kohlenstoff werden nur CH_4 und NMVOC Emissionen berechnet. CO_2-Emissionen werden nicht berechnet, da das CO_2 zuvor in den verfütterten Pflanzen durch Photosynthese festgelegt wird.

Schritt 5: Indirekte Emissionen

Die aus der Landwirtschaft emittierten NH_3- und NO-Mengen werden deponiert und führen durch mikrobielle Umsetzungsprozesse zu so genannten indirekten N_2O-Emissionen. Stickstoff-Einträge in landwirtschaftliche Böden gelangen teilweise in Oberflächengewässer und ins Grundwasser und werden dort ebenfalls zu einer Quelle indirekter N_2O-Emissionen, die der Landwirtschaft zugerechnet werden.

4-2
Bilanzierung der klimarelevanten Wirkungen durch die Tierproduktion. Übersicht über Vorgehensweise und Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Emissionsinventare

Hans-Dieter Haenel (vTI-AK), Claus Rösemann (vTI-AK), Ulrich Dämmgen (TiHo Hannover)

Die landwirtschaftliche Produktion ist zwangsläufig mit unerwünschten Änderungen der Zusammensetzung der Atmosphäre verbunden. Die Produktion beeinträchtigt

- den Wärme-Haushalt der Atmosphäre (Beeinträchtigung des physikalischen Klimas: Treibhauseffekt)
- den Stoff-Haushalt der Atmosphäre (Beeinträchtigung des chemischen Klimas: Luftverschmutzung)

Die erwünschte und notwendige Erhaltung eines quantitativ und qualitativ hohen landwirtschaftlichen Produktionsniveaus muss mit den Ansprüchen einer Verringerung der Beeinträchtigung der Atmosphäre und der Umwelt vereinbar gemacht werden. Hierzu bedarf es belastba-rer und hinreichend genauer Modelle, mit deren Hilfe

- die emittierenden Einzelprozesse abgebildet werden und die emissionserklärenden Variablen erkennbar werden,
- Reduktionspotenziale erkennbar werden,
- Nebenwirkungen und Kosten emissionsmindernder Maßnahmen quantifizierbar werden und
- eine Emissionsberichterstattung möglich wird, die den Zielen und Ansprüchen der internationalen Verträge gerecht wird.

Das deutsche landwirtschaftliche Emissionsinventar setzt dazu Bilanz-Modelle ein, die Ener-gie-Flüsse, Kohlenstoff- und Stickstoff-Flüsse integriert abbilden. Im Bereich der Tierhaltung berücksichtigen die Modelle neben tierischer Leistung und Tierverhalten die aufgenommenen Futtermengen und die Rationszusammensetzungen, den Ort der Ausscheidung (Stall, Weide, planbefestigte Flächen), den Stalltyp, die Wirtschaftsdünger-Lagerung und Ausbringung sowie die aus der Aufbringung von Stickstoff auf Böden resultierenden Folgeprozesse. Berechnet werden die Emissionen von

- luftverschmutzenden Stoffen (Ammoniak, Stickstoffmonooxid, Methan, flüchtige organische Verbindungen außer Methan, Stäube PM10 und PM2,5),
- Treibhausgasen (Lachgas, Methan, Kohlenstoffdioxid) sowie
- bilanzrelevante Emissionen (Distickstoff).

Die Arbeiten der AG Landwirtschaftliche Emissionsinventare dienen primär der Bewertung von relevanten Stoffflüssen zum Zweck der Politikberatung (Prozessoptimierung, Emissionsminderung). Im Rahmen der Berichterstattung für die Klimarahmenkonvention, das Genfer Luftreinhalteabkommen und für die Richtlinie zur Einhaltung Nationaler Emissionsobergren-zen werden jährlich Emissionsinventare erstellt und veröffentlicht.

4-3
Emissionen bei der Milchviehhaltung in frei gelüfteten Ställen

Merike Fiedler und Hans-Joachim Müller
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam,
mfiedler@atb-potsdam.de

Kurzfassung

Die meisten Milchviehställe werden frei gelüftet. Somit sind das Stallklima und die damit verbundenen Emissionen und Immissionen direkt von den äußeren Wind- und Wetterbedingungen abhängig. Eine Abschätzung der auftretenden Emissionen ist daher nur möglich, wenn zum einen die äußeren Wind-, Turbulenz- und klimatischen Verhältnisse bekannt sind und zum anderen der Luftwechsel und die Klimaparameter im Stallgebäude erfasst werden. Insbesondere die Bestimmung der Luftwechselrate ist in frei gelüfteten Ställen problematisch und mit großen Unsicherheiten behaftet. Dies liegt unter anderen an den meist großen Öffnungen im Stallgebäude, die je nach Außenwindverhältnissen als Ein- oder Auslass wirken und eine direkte Messung des Luftwechsels mit Hilfe von Geschwindigkeitsmessungen nicht zulassen. Es werden jedoch zuverlässige Daten benötigt, welche die auftretenden Emissionen quantifizieren und ihre Ausbreitungsprozesse beschreiben, damit entsprechende Minderungsmaßnahmen, z.B. durch Gestaltung der lufttechnischen Einrichtungen in Stallgebäuden, entwickelt werden können. Aus diesem Grund wurden in den Sommermonaten 2008 in zwei Messkampagnen Luftwechsel- und Konzentrationsmessungen in frei gelüfteten Milchviehanlagen in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt.

Zur Bestimmung der Luftwechselrate wurden Tracergas-Experimente mit Kr-85 (Müller und Möller 1998) und Konzentrationsmessungen der Gase NH_3, CH_4, CO_2, N_2O und H_2O mit einem Multigas Monitor (Fa. Brühl&Kjaer) durchgeführt. Aus den ermittelten Volumenströmen und Konzentrationen werden Emissionsfaktoren berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass bei frei gelüfteten Ställen hohe Volumenströme erreicht werden. In der Stallklimanorm DIN 18910-1 werden Werte von 431 m³/h je Tier vorgegeben, diese wurden mit 1750- 1890 m³/h je Tier für Anlage 1 und mit 2660- 2740 m³/h je Tier für Anlage 2 bei weitem überschritten, wobei diese Zahlenwerte lediglich einen Stichprobencharakter für die vorherrschenden Außenbedingungen darstellen. Die hohen Volumenströme führen auch zu hohen Emissionsmassenströmen und hohen Emissionsfaktoren für diese Anlagen (z:B. für Ammoniak Anlage 1 ca 5 g/h je Tier und Anlage 2 ca. 2 g/h je Tier)

Literatur

Müller H.-J. P, Möller, B. (1998) The determination of emission streams at different animal houses. AgEng'98, Paper No. 98-E-059. Agriculture, Ecosystems & Environment. Vol. 118, 1-4, Jan. 2007, pp. 6-28.

DIN 18910-1 (2004) Wärmeschutz geschlossener Ställe- Wärmedämmung und Lüftung- Teil1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe. Normenausschuss Bauwesen im DIN, Beuth Verlag.

4-4
Methananfall und Milchproduktion[15]

Klaus Walter,
Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik, vTI, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Einleitung und Zielsetzung

Jouany (2008) diskutiert die Relevanz der wichtigsten Methanproduktionsfunktionen. Das wird hier durch eine quantitative Analyse des Verfahrens Milchviehhaltung ergänzt, um effiziente Ansatzpunkte zur Minderung des produktspezifischen Methananfalles nennen zu können.

Vorgehen

Für die Methanproduktionsfunktionen (Jouany, 2008) werden die Emissionsprofile für eine Zwischenkalbezeit mittels des Simulationsprogramms (Walter, 2008) kalkuliert und vergleichend gegenübergestellt. Drauf aufbauend werden steigende Grundfutterqualitäten und Milchleistungen in die Berechnungen einbezogen.

Ergebnis

Die auf Inhaltsstoffkonzentrationen basierten Funktionen reagieren mit deutlich erhöhtem Methananfall auf Eiweißüberschüsse bei Frischgrasverfütterung und ebenso auf höhere Rohfasergehalte in Grundfuttermitteln. Die Schätzfunktionen, die den Methananfall nach dem Grund- oder Kraftfutteranteil in der Ration bemessen, konvergieren gegen eine Konstante, wenn wie im letzten Drittel der Laktation der Erhaltungs- und Leistungsbedarf allein aus Grundfutter gedeckt werden kann. Wird der Methanausstoß an Hand der Futteraufnahme bemessen, so weisen die hier kalkulierten Funktionen ein ähnliches Niveau und einen vergleichbaren Verlauf auf.

Die Simulation wird um den Methananfall je kg Milch erweitert und die Milchleistung in Kombination mit der Grundfutterqualität gesteigert. Unabhängig von Weidegang oder ganzjähriger Verfütterung von konserviertem Grundfutter führen diese Leistungs- und Qualitätssteigerungen zu einer erheblichen Minderung des Schadgasanfalles je Produkteinheit.

Trotz der Unterschiede bei Niveau und Profil ergeben sich für alle Methanproduktionsfunktionen mit steigender Milchleistung und den damit untrennbar verbundenen höheren Grundfutterqualitäten deutliche Größendegressionen beim produktspezifischen Methananfall, der bei einer Verdopplung der Milchleistung von 6.000 auf 14.000 kg Milch zwischen 20 bis 50 % betragen kann.

Literatur

Jouany J.- P. (2008) Enteric methane production by ruminants and its control. In: Gut effiviency; the key ingredient in ruminant production ISBN 978 – 90 – 8686 – 067 - 8

Walter K. (2008) Das Simulationsprogramm „Milchproduktion der Zukunft“ – methodischer Ansatz und Realisierung: Version 1.2 Braunschweig: 89 p, Bericht aus dem Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik, Johann Heinrich von Thünen-Institut [vTI] 398/2008

[15] Die Originalarbeit erscheint in Heft 2 der Landbauforschung des vTI.

4-5
Konsequenzen und Anpassungen für die niedersächsische Milch- und Rinderproduktion durch Klimaänderungen auf regionaler Skala - Vorstellung des Forschungsthemas 4 (Tierproduktion) im niedersächsischen Forschungsverbund Klimafolgeforschung (KLIFF)

Martin Potthoff;
Universität Göttingen, Zentrum Landwirtschaft und Umwelt, Am Vogelsang 6, 37075 Göttingen,
mpottho@uni-goettingen.de

Rund die Hälfte der landwirtschaftlichen Betriebe in Niedersachsen halten Rinder, ca. 60% dieser Betriebe erzeugen knapp 20% der gesamten deutschen Milch. Die enorme ökonomische Bedeutung der Rinderhaltung in Niedersachsen machen die Abschätzung möglicher Auswirkungen der Klimaänderungen und die Entwicklung von Anpassungsstrategien in diesem Bereich unerlässlich. Das genetische Leistungspotential der Tiere kann nur dann realisiert werden, wenn die Produktionsumwelt (Futterbau, Fütterung, Haltung und sonstiges Management) in optimaler Weise auf die Bedürfnisse der Tiere abgestimmt ist. Kühe reagieren, insbesondere im hohen Leistungsbereich, empfindlich auf exogene Umwelteinflüsse. Es ist zudem zu erwarten, dass veränderte Klimabedingungen auch erhebliche Auswirkungen auf die Epidemiologie wichtiger Infektionserreger haben werden. Parasitäre Erreger können Ursache für erhebliche Produktionseinbußen sein. Die Folgen für Grünland, Weidewirtschaft und Futterbau an der Basis der Wertschöpfung in der Fleisch und Milchproduktion sind entscheidend für die regionale Gesamtbewertung des Klimawandels. Ziel im Forschungsthema 4 ist

1. die Analyse von Prozessen und
2. das fundierte Abschätzen von Folgen des Klimawandels im Bereich der Fleisch und Milcherzeugung sowie
3. die Ableitung von Handlungsoptionen.

4-6
KLIFF-FT4 TP1.1 - Leistungseigenschaften beim Milchrind: Einflussgrößen, Wechselwirkungen und züchterische Maßnahmen in verschiedenen Produktionssystemen

Kerstin Brügemann and Sven König
Department für Nutztierwissenschaften, Abteilung für Tierzucht und Haustiergenetik,
Albrecht-Thaer-Weg 3, 37075 Göttingen, kbruege@gwdg.de

Der Standort des Küsten- und Agrarlandes Niedersachsen im gemäßigt warmen Mitteleuropa rückt verstärkt in den Fokus unerfreulicher Klimaszenarien. Ziel dieses Projektes ist es, den Einfluss veränderter Klimabedingungen auf die Milchproduktion zu untersuchen. Eine zunehmende Zahl an Hitzetagen kann hochleistenden Kühen, die ohnehin aufgrund ihres erhöhten Grundumsatzes vermehrt Körperwärme bilden, schwer zu schaffen machen. In Verbindung mit hohen Luftfeuchtigkeiten ist zudem die Wärmeabgabe durch Verdunstung eingeschränkt und das Risiko der Wärmestauung im Organismus vergrößert. Daher wurden für bisherige Studien zu hitzebedingten Leistungsdepressionen vorwiegend auf dem THI (temperature-humidity-index) von Thom (1959) aufbauende Indices aus Temperatur und Feuchtigkeit herangezogen. Inwieweit ein THI von 72° als Grenzwert für das Auftreten von Hitzestress auch auf hiesige Klimabedingungen und heutige Selektionsstrategien von Holstein-Kühen angewendet werden kann, wird im ersten Abschnitt des Projektes analysiert. Außerdem ist zu prüfen, welche THI-Formeln (unter Umständen zusätzliche Wetterdaten, Berücksichtigung der Hitzedauer) in verschiedenen Regionen Niedersachsens anzuwenden sind, wenn es darum geht, Klimaeffekte auf Leistungsmerkmale sowie auf teils aus anderen KLIFF-Teilprojekten bereitgestellte Daten zu Sekundärmerkmalen zu untersuchen. Im nächsten Abschnitt werden Zuchtwerte (ZW) für Hitzetoleranz, zum Beispiel in Anlehnung an Bohmanova et al. (2005), geschätzt und in Beziehung zu ZW für andere Merkmale aus der offiziellen Zuchtwertschätzung (ZWS) gesetzt. Weiterhin sollen separate ZWS für Töchter eines Bullen in verschiedenen Produktionssystemen (Klimaeinfluss auf Grünlandstandorten hoch, bei ganzjähriger Stallhaltung gering) stattfinden. Genetische Korrelationen zwischen regionalen Schätzungen (mit/ohne Hitzestress) ermöglichen Aussagen über Genotyp-Umwelt-Interaktionen. Für den letzten Projektabschnitt sind Simulationsstudien geplant, um Methanausscheidungen und andere von der Milchviehhaltung ausgehende Umweltwirkungen zu berücksichtigen. Modellkalkulationen für Input- und Output-Größen sollen zur Ableitung ökonomischer Gewichte für Zuchtzielmerkmale unter variierenden Produktionsbedingungen und Klimaszenarien dienen.

Literatur

Thom, EC (1959) The discomfort index. Weatherwise 12:57–60.

Bohmanova, J, Misztal, I, Tsuruta, S, Norman, HD and Lawlor, TJ (2005) National genetic evaluation of milk yield for heat tolerance of United States Holsteins. Interbull Bulletin. 33: 160–162.

4-7
Effekte der Produktionssysteme auf Primär- und Sekundärmerkmale beim Milchrind (KLIFF-FT4 TP1.2)

Christine Sanker und Matthias Gauly
Department für Nutztierwissenschaften, Abteilung Produktionssysteme für Nutztiere,
Albrecht-Thaer-Weg 3, 37075 Göttingen, csanker@gwdg.de

Vor dem Hintergrund sich wandelnder klimatischer Bedingungen ergibt sich die zunehmende Bedeutung der Bewertung von Produktionssystemen und Verfahrenstechniken hinsichtlich der Reduzierung von Hitzeauswirkungen bei Milchkühen. In bisherigen Studien zeigt sich, dass Verfahrenstechniken bzw. Stallsysteme in unterschiedlichem Maße geeignet sind Umwelteffekte, wie z. B. Temperaturschwankungen (Hitzestress), zu kompensieren. Die meisten zu diesem Themenkomplex in der Literatur verfügbaren Arbeiten wurden in tropischen und subtropischen Regionen durchgeführt (Fuquay, 1981; Araki et al., 1984), in denen lange Hitzeperioden die Regel sind. Unter mitteleuropäischen Bedingungen liegen nur sehr wenige Informationen zum Hitzestress bei Milchkühen sowie den Wechselwirkungen zum Produktionssystem und deren Auswirkungen vor, wobei verschiedene technische Lösungen zur Reduktion von Hitzestress in der Praxis verwendet werden. Im ersten Schritt des Forschungsprojekts werden in Niedersachsen 100 Milchviehbetriebe (mit Laufstallhaltung) mit unterschiedlichen Produktionssystemen und Verfahrenstechniken ausgewählt. Die Betriebsauswahl erfolgt u. a. anhand der Unterschiede in den Stallsystemen (z.B. geschlossene/offene Bauweise, mit/ohne Weidegang), Bodenoberflächen und Lüftungssystemen sowie Bestandsgröße. Im zweiten Schritt werden Betriebscluster gebildet, die die wichtigsten praxisrelevanten Produktionssysteme und Verfahrenstechniken darstellen. Auf ausgewählten Einzelbetrieben werden neben der Milchleistung und Außentemperatur zusätzlich kontinuierlich Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Stall und Sekundärmerkmale (z.B. Klauenerkrankungen, Eutergesundheit, Fruchtbarkeitsparameter, Parasitenstatus und Aktivität) erfasst. Basierend auf den Daten der Milchleistungsprüfungen, der im Feld erfassten Werte und den Wetterdaten des deutschen Wetterdienstes wird der Einfluss verschiedener Temperaturindizes auf die Leistungs-, Fruchtbarkeits- und Gesundheitsmerkmale und die Effekte verschiedener Produktionssysteme berechnet.

Literatur

Araki C.T., Nakamura R.M., Kam L.W.G., Clarke N. (1984) Effect of lactation on diurnal temperature patterns of dairy cattle in hot enviroments. J. Dairy Sci., 67, 1752-1760

Fuquay J.W. (1981) Heat stress as it affects animal production. J.Anim. Sci., 52, 164-174

4-8
Auswirkungen klimatisch bedingter Vegetationsänderungen auf Ernährung und Stoffwechsel von Wiederkäuern (KLIFF, FT4, Teilprojekt 2.2)

Nina, Burmester; Bernd, Schröder; Gerhard, Breves
Physiologisches Institut, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover, nburmest@tiho-hannover.de

Einführung

Durch Klimaveränderungen bedingte Vegetationsveränderungen sollen in ihrer Relevanz für die Verdauungs- und Stoffwechselprozesse der Wiederkäuer untersucht werden. Das Teilprojekt 2.2 wird in enger Kooperation mit den Teilprojekten 2.1 „Futterproduktion auf Dauergründland“ und 2.5 „Leguminosen-basierte Grasland-wirtschaft“ (AG Prof. Isselstein) und dem Teilprojekt 2.4 „Futterwert ausgewählter Pflanzen sowie Futteraufnahme, Leistung und physiologische Parameter von Milchkühen und Mastrindern“ (AG Prof. Dänicke) durchgeführt.

Versuchsanordnung

Aus oben genannten Teilprojekten werden uns repräsentative Futterproben zur Verfügung gestellt, die botanisch und in ihrer inhaltlichen Zusammensetzung Unterschiede aufweisen werden. Diese Proben werden zunächst botanisch charakterisiert und einer Weender Futtermittelanalyse unterzogen. Die Analytik spezieller Nährstoffe sowie die Messung des Elektrolytgehaltes werden ebenfalls vorgenommen.

Im zweiten Schritt werden die Futterproben auf ihre Eigenschaften in Bezug auf die mikrobiellen Ab- und Umbauprozesse im Vormagensystem unter Anwendung von Inkubationsversuchen mit der Langzeit-Rumen-Simulations-Technique „Rusitec“ charakterisiert (Oeztuerk et al 2005). Der Versuchsablauf untergliedert sich in die Äquilibrierungsphase (6 Tage), die Kontrollphase (5 Tage) und die dritte Phase (10 Tage) während der das zu prüfende Substrat verabreicht wird. Meßgrößen sind pH und Redoxpotential, Produktion an kurzkettigen Fettsäuren, Verdaulichkeit von Trockensubstanz und organischer Substanz, die Gasbildung, die mikrobielle Proteinsynthese sowie die mikrobielle Diversität.

Ziele

Das Teilprojekt 2.2 soll Erkenntnisse darüber bringen, ob die Klimaveränderungen und damit die Vegetationsänderungen einen Einfluss auf die Verdauungs- und Stoffwechselprozesse der Wiederkäuer haben. Ob und in welchem Unfang mögliche Effekte für die Milchkuh von Bedeutung sind, ist in weiteren Untersuchungen zu prüfen.

4-9
Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Futterwert ausgewählter Pflanzen sowie Futteraufnahme, Leistung und physiologische Parameter von Milchkühen und Mastrindern

Autoren: Malte Lohölter[1]; Ulrich Meyer[1], Sven Dänicke[1], Liane Hüther[1],
Remy Manderscheid [2], Hans Joachim Weigel[2]
[1]Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierernährung Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, malte.lohoelter@fli.bund.de
[2]Institut Biodiversität, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Die Veränderungen mittlerer Klimawerte wie einer steigenden atmosphärischen CO_2-Konzentration, erhöhte Umgebungstemperaturen und Änderungen der Niederschlagsverhältnisse lassen bedeutende Auswirkungen unter Anderem auf die Zusammensetzung und den Futterwert bedeutender Futterpflanzen und das Verzehrs- sowie Tränkeverhalten von Rindern erwarten.
Das Teilprojekt 2.4 des Forschungsverbundes KLIFF[16] soll einen Beitrag zur Klärung der potenziellen Einflüsse verschiedener Elemente des Klimawandels auf die Wiederkäuerfütterung mit dem regionalspezifischen Fokus Niedersachsen leisten. Die steigende CO_2-Konzentration in der Atmosphäre beeinflusst neben dem Pflanzenwachstum (Long et al., 2004) die Zusammensetzung verschiedener wichtiger Futterpflanzen. Diese Veränderungen sollen mittels eines Freiland-CO_2-Anreicherungssystems (FACE = Free Air Carbondioxide Enrichment) anhand von Mais analysiert werden. Der Effekt der Umgebungstemperaturen auf die Futter- und Wasseraufnahme von Rindern wird in einer Langzeiterfassung relevanter Daten ermittelt. Durch die Verfütterung eines fiktiven zukünftigen Nährstoffangebotes an Wiederkäuer soll eruiert werden, inwiefern neben dem temperaturabhängig durch die Trockensubstanzaufnahme vermittelten Effekt (Van Soest, 1994) ein direkter Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Nährstoffverdaulichkeit besteht.

Literatur

Long S.P., Ainsworth E.A., Rogers A., Orts D.R., (2004) Rising atmospheric carbon dioxide: plants FACE the future. Annu.Rev.Plant Biol., 55, 591-628.

Van Soest, P. J. (1994): Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, New York

[16] KLIFF = Klimafolgenforschung - Szenarien für die Klimaanpassung

4-10
Futterproduktion auf Dauergrünland in Niedersachsen unter ‚climate change'

Frank Küchenmeister; Johannes Isselstein; Nicole Wrage
Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Graslandwissenschaft, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, frank.kuechenmeister@web.de

Dauergrünland bildet die Basis für Milchviehhaltung in Niedersachsen. Die zu erwartende zunehmende klimatische Variabilität wird auch die Futtererzeugung vom Grünland beeinflussen. In diesem Projekt sollen mögliche Konsequenzen dieser zunehmenden Variabilität auf Produktivität und Futterqualität untersucht werden. Dabei wird die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe (Diversität) als Steuerungsfaktor gesehen, der die Anpassungsfähigkeit an Klimavariationen erhöhen kann. Folgende Hypothesen sollen untersucht werden: Diverse Grünlandbestände a) sind weniger durch Wasserstress beeinflusst und b) haben eine höhere Produktivität als weniger diverse Bestände.

Bisher wurden Experimente zur Funktionalität von Diversität im Grünland hauptsächlich an angesäten und kurzfristig bewirtschafteten Pflanzenbeständen durchgeführt, deren Management wenig mit landwirtschaftlicher Nutzung gemein hatte. In diesem Projekt wird an drei Standorten in Niedersachsen (subatlantisch bis subkontinental) in bestehendem Wirtschaftsgrünland gearbeitet. Hier werden in orthogonalem Ansatz jeweils zwei Diversitätsstufen (relativ artenreich, relativ artenarm), zwei Düngestufen (mit und ohne Stickstoffdüngung) und zwei Wasserstressstufen (mit und ohne zeitweise Überdachung) eingerichtet. Boden-, Vegetations- und Klimadaten sowie Grasnarbenstruktur, Ertragsbildung, Inhaltsstoffe und isotopische Signaturen als Indikatoren für Wassernutzung werden erfasst. Die Daten werden mit Hilfe multivariater Verfahren ausgewertet. Die Ergebnisse stellen Grundlagen für die Entwicklung von Anpassungsstrategien der Grünlandbewirtschaftung dar.

4-11
Leguminosen-basierte Graslandwirtschaft als Beitrag zur Sicherung der Grundfuttererzeugung

Kai Küchenmeister; Nicole Wrage; Johannes Isselstein
Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Graslandwissenschaft, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, kai.kuechenmeister@web.de

Leguminosen sind von grundsätzlicher Bedeutung für die Produktivität von Grasnarben, wenn eine Stickstoffdüngung unterbleibt oder gering ist. Durch sich ändernde Temperatur- und Niederschlagsbedingungen wird erwartet, dass Futterleguminosen in Gemengen mit Gräsern zukünftig an Konkurrenzkraft gewinnen. Bisher beschränken sich agronomische Kenntnisse hauptsächlich auf Weißklee. Andere Leguminosenarten könnten jedoch durch sich ändernde Bedingungen an agronomischer Bedeutung zunehmen. In diesem Projekt soll die agronomische Leistungsfähigkeit von Hornklee, Gelbklee, Esparsette, Sumpfklee, Sichelluzerne und Weißklee in Reinsaat und Gemenge mit Deutschem Weidelgras in Abhängigkeit vom Klima untersucht werden. Die Hypothesen sind: a) Leguminosen tolerieren Wasserstress gut, b) auch Leguminosen, die bisher keine Rolle in der Praxis spielen, können bei Klimawandel agronomisch leistungsfähig sein und c) diese Leguminosen haben gute Futtereigenschaften.

Die Reinsaaten und Gemenge werden an drei Standorten in Niedersachsen (subatlantisch bis subkontinental) etabliert. Durch zeitweilige Bedachung wird auf der Hälfte der Flächen kontrollierter Trockenstress verursacht. Es werden die Ertragsleistungen, die Stickstoff-Fixierung sowie wichtige Merkmale der Futterqualität erfasst. In Detailuntersuchungen werden für Ertrags- und Konkurrenzanalysen Zeitreihenbeerntungen und Fraktionierungen (Blatt/Stängel, Blattflächenbestimmungen) durchgeführt. Die unterschiedlichen Leguminosen werden in Zusammenarbeit mit anderen KLIFF-Teilprojekten auf Futtereigenschaften und Verdaulichkeit untersucht. Es werden Konsequenzen für die Entwicklung der Leguminosennutzung im Grasland, der Grundfutterversorgung der Milchkühe und der nachhaltigen Graslandnutzung erarbeitet.

4-12
Auswirkungen von Temperaturerhöhungen auf die DNA-Integrität der Spermien und Embryonalentwicklung bei Rindern

Oguz Calisici, Christine Wrenzycki, Heinrich Bollwein
Klinik für Rinder, Stiftung Tierärztlich Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover, Oguz.Calisici@tiho-hannover.de

In Regionen mit sehr hohen Temperaturen werden in Sommermonaten nur sehr geringe Trächtigkeitsraten bei Hochleistungsrindern erzielt. Dieses Phänomen ist voraussichtlich auf eine erhöhte embryonale Mortalität in den ersten drei Wochen der Gravidität zurückzuführen. Eine mögliche Ursache für diese erhöhte Rate ist eine herabgesetzte Spermaqualität. In den letzten Jahren konnte gezeigt werden, dass erhöhte Temperaturen, unabhängig von den Auswirkungen auf die klassischen Spermaparameter, auch die DNA der Spermien schädigen. Dabei sind starke tierindividuelle Unterschiede auffällig. Anhand einer Reihe von Besamungsversuchen, die an Rindern und verschiedenen anderen Tierarten durchgeführt wurden, zeigte sich andererseits, dass bei der Verwendung von Ejakulaten mit einem erhöhten Anteil von Spermien mit herabgesetzter DNA-Integrität die Trächtigkeitsraten deutlich vermindert sind. Man nimmt an, dass die Ursache darin liegt, dass die Spermien zwar die Oozyten fertilisieren können, die folgende Embryonalentwicklung aber gestört ist. In den geplanten Studien soll überprüft werden, ob und welche Zusammenhänge zwischen hyperthermiebedingten Änderungen in der DNA-Integrität der Spermien und der Embryonalentwicklung bestehen. Bullenbedingte Unterschiede in der Sensitivität der Spermien-DNA gegenüber Temperaturerhöhungen sollen besonders untersucht werden. In einer ersten Versuchsreihe wird das Skrotum von 8 Bullen mit Hilfe eines wärmeisolierenden Materials umhüllt, um die Skrotaltemperatur um 3°C zu steigern. Es wird angenommen, dass es ab der 3. Woche zu Veränderungen der DNA-Integrität der Spermien kommt, welche über etwa 4 Wochen anhalten. Die Spermien der Bullen werden über eine Dauer von 4 Wochen vor und 12 nach der Hyperthermie zweimal wöchentlich für die *in vitro* Fertilisation herangezogen. Anschließend wird auf die Entwicklungsrate und die Genexpression der Embryonen geachtet. In einer zweiten Versuchsreihe werden Spermaproben von 500 Bullen verschiedener Rassen der niedersächsischen Besamungsstationen jeden zweiten Monat auf Änderungen in der DNA-Integrität der Spermien untersucht. Dabei soll auf individuelle Unterschiede in der Sensitivität der DNA der Spermien gegenüber Hitzeeinwirkung geachtet werden. Anschließend werden 10 Bullen mit den gerigsten und 10 Bullen mit den höchsten hitzebedingten DNA-Veränderungen phänotypisch mit Hilfe einer andrologischen Untersuchung sowie mittels Farbdopplersonographie der *A. testicularis*, Echotexturanalyse des Skrotums und Hodengewebes sowie Thermographie des Skrotums näher charakterisiert. Die Informationen können dann für gezielte genetische Analysen eingesetzt werden.
Erwartet werden durch die Studie Erkenntnisse darüber, welche Auswirkungen ein durch Klimawandel bedingter Temperaturanstieg auf die Fertilität bei Rindern hat und welche Mechanismen dem zugrunde liegen könnten. Ferner soll durch die Untersuchungen festgestellt werden, ob die Hitzestabilität einen genetischen Hintergrund hat.

4-13
Erfassung und Kontrolle von steigenden Gesundheitsrisiken durch parasitäre Infektionserreger bei Rindern als Folge globaler Veränderungen

C. Holzhausen[1]*, J. Demeler*, G. von Samson-Himmelstjerna*
*Institut für Parasitologie, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Bünteweg 17, 30559 Hannover,
[1]cholzhausen@tiho-hannover.de

Einleitung

Wurminfektionen haben einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Weiderindern (Charlier, 2005, 2007). Praktisch jedes Weiderind ist zumindest zeitweilig mit Magen-Darmwürmern infiziert. Folglich werden die gastrointestinalen Parasitosen in der ´Strategic Research Agenda der European Technology Platform für Global Animal Health` auch als Krankheitserreger mit höchster Priorität klassifiziert. Die Konsequenzen von Klimaveränderungen sind bei helmintischen Parasitosen wegen ihrer Möglichkeiten sich auf deren frei lebende Stadien oder ihre Zwischenwirte sowie ihre paratenischen Wirte auszuwirken, von besonderer Bedeutung (Kenyon et al., 2009 (in press)). Reduzierte Niederschlagsmengen während der Sommermonate könnten zudem das Überleben der Refugialpopulationen auf den Weideflächen verringern, was die Resistenzentwicklung beschleunigt (Martin et al., 1981, van Wyk 2001, Wolstenholme et al., 2004).

Bisher gibt es kaum Literatur die sich mit dem klimatischen Einfluss auf die Epidemiologie von parasitären Infektionserregern befasst. Klimatische Veränderung sehen Van Dijk et al., 2008 als die wahrscheinlichste Erklärung für den deutlichen Anstieg der ovinen parasitären Gastroenteritis in den vergangenen 5-10 Jahre in GB. Kenyon at al., 2009 (in press) fanden eindeutige Unterschiede in der regionalen Prävalenz, der Saisonalität und des Schweregrades der Fasciolose im Vereinigten Königreich (UK).

Ziel dieses Teilprojektes ist die Etablierung eines Weideparasiten-Monitoringsystems, die Erstellung von parasitenspezifischen Risikokarten sowie eines auf ´Geographical Infomation system` basierenden Überwachungs- und Vorhersageverfahrens. Des Weiteren wird die Rolle der klimatischen Verhältnisse für die Entwicklung von Anthelmintika-Resistenz studiert.

Methodik

Witterungs-/Klima-bedingte Saisondynamiken von Helmintheninfektionen (2009-2012):

Zunächst sollen Standtorttypen charakterisiert werden. In drei Regionen, die sich hinsichtlich des vorherrschenden Klimas dauerhaft von einander unterscheiden, werden zu Beginn und in der Mitte der Weidesaison sowie nach Aufstallung je 100 Tankmilchproben auf Antikörper gegen Magen-Darm-Würmer (*Ostertagia ostertagi*), den Leberegel (*Fasciola hepatica*) und den Rinderlungenwurm (*Dictyocaulus viviparus*), untersucht. Hierfür stehen spezifische kommerzielle oder proprietäre ELISA-Verfahren zur Verfügung. Jeder untersuchte Betrieb wird über die Postleitzahl geographisch erfasst. Die parasitologischen Befunde werden mit den geographischen und klimatischen Daten integriert und so eine Risikokarte entwickelt, die eine Differenzierung in Gebiete mit niedrigem, mittlerem und hohem Infektionsrisiko ermöglicht.

Zusätzlich sollen auf drei Tracerbetrieben an den charakterisierten Standorten, vierteljährlich Kotproben- und Serum ELISA- untersuchungen am Einzeltier, Infektionsverläufe aufzeigen

Auswirkungen von Witterung /Klima auf Weidekontamination und Resistenzentwicklung (2011-2014):

Im weiteren Verlauf werden in drei aufeinanderfolgenden Jahren an zwei dieser Standorte, 20 Tiere experimentell mit *Cooperia oncophora* infiziert. Nach gezielt durchgeführten Anthelmintikabehandlungen wird untersucht, ob sich die Häufigkeit von Resistenzallelen in den Wurmpopulationen unterscheidet und ob populationsgenetische Veränderungen auftreten.

Die Frage, wie sich die botanische Beschaffenheit von Dauergrünland auf die Entwicklung und das Überleben von Wurmlarven auswirkt ist gänzlich ungeklärt. Die Annahme, dass Vegetationsveränderungen die mikroklimatischen Bedingungen für die Weideparasiten beeinflussen ist zu vermuten. In der Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt 2.1 wird dieser Fragestellung durch die Charakterisierung des Bewuchses gezielt nachgegangen.

Eine veränderte Grundfutterversorgung hat Einfluss auf die immunologische Leistungsfähigkeit, in Abhängigkeit vom Phenotyp und ist daher von unmittelbarem Interesse für infektionsmedizinische Gesundheitsrisiken bei Weidetieren.

Literatur

Charlier J, Claerebout E, Duchateau L, Vercruysse J (2005) A survey to determine relationships between bulk tank milk antibodies against Ostertagia ostertagi and milk production parameters. Veterinary Parasitology. Vol. 129, 1-2, Apr. 2005, pp. 67-75

Charlier J, Duchateau L, Claerebout E, Williams D, Vercruysse J (2007) Associations between anti-Fasciola hepatica antibody levels in bulk-tank milk samples and production parameters in dairy herds. Preventive veterinary medicine. Vol. 78, 1, Jan. 2007, pp. 57-66.

Van Dijk J, David G P, Baird G, Morgan E R (2008) Bach to the future: Developing hypotheses on the effects of climate change on ovine parasitic gastroenteritis from historical data. Veterinary parasitology. Vol. 158, Aug. 2008, pp. 73-84

Martin PJ, Le Jambre LF, Claxton JH (1981) The impact of refugia on the development of thiabendazole resistance in Haemonchus contortus. International journal for parasitology. Vol. 11, 1, Feb. 1981, pp. 35-41

Kenyon F, Sargison N D, Skuce P J, Jackson F (2009) Sheep helminth parasitic disease in south eastern Scotland arising as a possible consequence of climate change. Veterinary Parasitology, in press

Wolstenholme A, Fairweather I, Prichard R K, von Samson-Himmelstjerna G, Sangster N C (2004) Drug resisrance in veterinary helmith. Trends in Parasitology, Vol. 20, 10, 2004, pp. 469-476

van Wyk JA (2001) Refugia--overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. The Onderstepoort journal of veterinary research. Vol. 68, 1, Mar 2001, pp. 55-67

Themenblock 5: Nachwachsende Rohstoffe und Kaskadennutzung incl. Bioenergie

Moderation: Sönke Lulies, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

Nummer	Titel und Autoren	Seite
5-1	Das Bundesverbundprojekt ELKE1 - Erzeugung von Biomasse, Klimaschutz und Naturschutz auf einer Fläche? *von Frank Wagener, Jörg Böhmer*	169
5-2	Strategien für Anbau und Nutzung von Energiepflanzen vor dem Hintergrund des Klimawandels in der Metropolregion Hannover - Braunschweig - Göttingen – Wolfsburg *von Roland Bauböck et al.*	170
5-3	Assessment of large and small-scale Jatropha biodiesel production systems in Southwest China *von Thomas Berger et al.*	171
5-4	Bereitstellung von Waldhackgut für Biomasseheiz(kraft)werke *von Alexander Eberhardinger et al.*	172
5-5	Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen zur thermischen Verwertung *von Katja Gödeke, Hans Hochberg*	173
5-6	Durchwachsene Silphie - eine Energiepflanze als Koferment in Biogasanlagen *von Michael Conrad et al.*	174
5-7	Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen *von Christoph Strauß et al.*	175
5-8	Agroforstsysteme in der landwirtschaftlichen Praxis *von Andrea Biertümpfel et al.*	178
5-9	CO_2-Bilanz für Silomais zur Biogaserzeugung vom Anbau bis zur Stromeinspeisung *von B. Eder et al.*	179
5-10	Freisetzung von klimarelevanten Gasen bei unterschiedlicher Applikation eines Gärrestes in einem Laborversuch *von Friedhelm Herbst et al.*	180
5-11	Einfluss von mineralischem Stickstoffdünger auf die CO_2-Bilanz nachwachsender Rohstoffe *von Jürgen, Kern et al.*	181
5-12	Einfluss der Zusatzbewässerung auf den Biomasse- und Energieertrag von Energiepflanzen *von Sandra Kruse*	182

5-1
Das Bundesverbundprojekt ELKE[17] - Erzeugung von Biomasse, Klimaschutz und Naturschutz auf einer Fläche?

Frank Wagener, Jörg Böhmer
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS), FH Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, Postfach 1380, 55761 Birkenfeld, f.wagener@umwelt-campus.de

Das vom BMELV über die FNR geförderte, angewandte Forschungsprojekt ELKE beschäftigt sich mit dem Themenkomplex "extensiver Landnutzungsstrategien". Darin werden Fragestellungen des "angewandten Naturschutzes", "Nachwachsender Rohstoffe" sowie des "Flächenverlustes durch Ausgleich und Ersatz" aufgegriffen, konzeptionell miteinander verbunden und im Rahmen von Praxisprojekten untersucht. Zur Bearbeitung des wissenschaftlichen Ansatzes und seiner praktischen Umsetzung hat sich ein Verbund von Institutionen verschiedener Fachrichtungen unter der Leitung des Instituts für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) zusammengefunden.
Übergeordnete Zielsetzung des Projektes ist es, den ökologischen Wert bestimmter extensiver Anbausysteme (Kurzumtriebsgehölze, Agroforstsysteme und Gemengeanbau) zur Erzeugung von Bioenergie zu untersuchen. Gegenstand der Betrachtung sind Leistungen der Anbausysteme für den biotischen und abiotischen Ressourcenschutz, also Biodiversität, Bodenfruchtbarkeit und Erosionsschutz, Klima- und Gewässerschutz. Darüber hinaus finden auch ökonomische Aspekte, wie das Thema regionale Wertschöpfung, der Erhalt landwirtschaftlicher Nutzfläche als Existenzgrundlage der Betriebe, der effiziente Einsatz endlicher Ressourcen sowie die Nutzung von Synergieeffekten im Pflanzenbau Berücksichtigung. Das ELKE-Projekt hat bereits eine erste theoretische Phase absolviert, innerhalb derer Hintergründe zu den rechtlichen Rahmenbedingungen, wissenschaftliche Ergebnisse zur Ökologie sowie landbauliche Gestaltungsmöglichkeiten recherchiert und aufbereitet wurden. Die derzeit laufende Praxisphase zielt darauf ab, die erarbeiteten Konzepte in den ausgewählten Modellregionen beispielhaft umzusetzen. Die Modellregionen in ELKE liegen in Freising (Bayern), Marpingen (Saarland), Spelle (Niedersachsen) und der Zülowniederung (Brandenburg), assoziierte Standorte befinden sich in Allendorf/Eder (Hessen) und Freiburg (Baden-Württemberg).
Mehr Informationen zu ELKE unter www.landnutzungsstrategie.de

[17] ELKE - Etablierung einer extensiven Landnutzungsstrategie auf der Grundlage einer Flexibilisierung des Kompensationsinstrumentariums der Eingriffsregelung

5-2
Strategien für Anbau und Nutzung von Energiepflanzen vor dem Hintergrund des Klimawandels in der Metropolregion Hannover - Braunschweig - Göttingen - Wolfsburg

Dipl. Geogr. Roland Bauböck (LBEG), Dr. agr. Christine von Buttlar u. PD Dr. -Ing. Marianne Karpenstein-Machan (IZNE), M.Eng., Dipl.-Ing. Daniela Dressler u. Prof. Dr. Achim Loewen (HAWK), B.Sc. Dominika Sikora u. Dipl.Geogr. Peter Trute (GEO-NET Umweltconsulting GmbH)
Christine von Buttlar, Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung, Georg-August-Universität Göttingen, Goldschmidstr. 1, Göttingen, cbuttla@gwdg.de

Zusammenfassung

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojektes „Regionales Management von Klimafolgen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen (Projektleitung Prof. Dr. Günter Groß, Universität Hannover) werden Anpassungsstrategien entwickelt, um mittel- bis langfristige Auswirkungen des Klimawandels abzuwenden oder zu kompensieren. Im Teilprojekt „Energiepflanzen“ werden Konzepte zur Sicherung einer nachhaltigen Biomasseproduktion und Bioenergieerzeugung unter veränderten Klimabedingungen entwickelt. Ziel ist es, die Ergebnisse in einer internetbasierten Informations- und Kommunikationsplattform (I+K-Plattform) Gemeinden, Verwaltungen und anderen Entscheidungsträgern zur Verfügung zu stellen.

Erwartete Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurden CLM- Klimadaten von einer Auflösung von 20x20 km auf eine Auflösung 1x1 km regionalisiert. Der Vergleich der Klimaszenarien aus den Perioden 1961-1990 und 2071-2100 ergibt einen Anstieg der Temperatur im hydrologischen Sommerhalbjahr um ca. 3°C und eine Abnahme an Niederschlag bis zu 17%. Zurzeit werden die Klimafolgen für den Anbau von Energiepflanzen innerhalb der Metropolregion bewertet. Es werden standortangepasste Biomasse- und Energieertragsprognosen verschiedener Energiepflanzen für die Zielzeiträume modelliert und darauf aufbauend regional angepasste Fruchtfolgen entwickelt. Desweiteren erfolgt eine Ausweisung von potenziellen Vorzugsflächen für den Anbau von Energiepflanzen und von Anlagenstandorten. Für ausgewählte Modellgemeinden sollen konkrete Maßnahmen zum Anbau und zur Nutzung von Energiepflanzen erarbeitet werden. Dazu werden rohstoffangepasste Anbau- und Verfahrenstechniken zur Bioenergiegewinnung ausgewählt und energetisch, ökologisch sowie ökonomisch bewertet.

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse werden mit weiteren Teilprojekten zum Naturschutz, zur Wasserwirtschaft und zur Feldberegnung innerhalb der „I+K- Plattform“ vernetzt. Sie sollen informellen Zwecken dienen und zu einer nachhaltigen Bioenergieerzeugung unter sich ändernden Klimabedingungen beitragen.

5-3
Assessment of large and small-scale Jatropha biodiesel production systems in Southwest China

Thomas Berger, Prasnee Tipraqsa, Han Lin
Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany
Institute for Agricultural Economics and Social Sciences in the Tropics and Subtropics (490d)

Finding solutions both to mitigating climate change and reducing dependency on fossil fuels is of great concern around the globe. Developing countries like China heavily rely on oil imports, which explains why Jatropha based biodiesel is receiving increasing attention. Jatropha biodiesel is considered a CO_2-neutral and could enhance energy security by substituting for fossil fuel imports. In addition, Jatropha plants grow on degraded and poor soils and may have considerable potential for improving socio-economic conditions, microclimate, vegetation and soil quality. Our financial analysis has shown that with the present production level of Jatropha seeds and hence of oil for conversion to biodiesel, planting Jatropha for biodiesel production alone is not profitable. Therefore, it is imperative to generate high-valued co-products using the concept of bio-refinery (a zero waste concept) in which each and every component in the biodiesel production chain is transformed into high valued marketable commodities. One such co-product is detoxified seed meal that could serve as feed for livestock production.

The poster describes the setting of the Jatropha value chain in Sichuan province, Southwest China, which is followed by an analysis of the production costs at different stages of the production chain. Data for the analysis was collected from household and key informant interviews in the Panzhihua prefecture of Sichuan province from April to May 2008. Simulation experiments were undertaken to assess the likely impacts on rural livelihoods. Our results reflect the current market limitations for the Jatropha biodiesel production system, which has not been properly developed yet. The prices of inputs such as seedling production and seeds do not reflect the real production costs or scarcity values. Under current conditions, the impacts of the emerging Jatropha industry on rural livelihoods are likely to be limited. By the end of 2009, however, a change in the forestry law is expected, which might produce more positive prospects for growing biofuels. According to this new law, all forestry land including new Jatropha plantations will have to be allocated to local farmers who will then take care of the Jatropha plantations under the condition that they themselves cannot cut the trees but use the products of the trees, collect the seeds and generate income by selling them. The national and international oil companies (on behalf of the government) are playing important roles in ensuring the successful introduction and growth of biofuels in the domestic market. The alignment of objectives and incentives of government institutions is critical for ensuring a functioning biofuel market in China.

5-4
Bereitstellung von Waldhackgut für Biomasseheiz(kraft)werke

Alexander Eberhardinger, Dr. Florian Zormaier[18], Prof. Dr. Bernhard Zimmer[19];
Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Technische Universität München, Am Hochanger 13, 85354 Freising, eberhardinger@wzw.tum.de

Aufgrund der vermehrten Nachfrage von Holz für eine stoffliche und energetische Verwendung gewinnen Fragen einer rationellen sowie ökologisch nachhaltigen Bereitstellung und Versorgung der Werke mit dem Rohstoff Holz an Bedeutung. Auf der Basis einer wissenschaftlichen Untersuchung wurden die derzeitigen Prozesse der Bereitstellung von Waldhackschnitzeln in Kooperation mit den Betreibern von Biomasseheiz(kraft)werken, den Waldbesitzern sowie den tätigen Einschlags- und Transportunternehmen analysiert.

In dem von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe geförderten Forschungsprojekt kooperierten die TU München, die LWF, sowie die FH Salzburg innerhalb der drei Projektmodule „Verfahrenstechnik“, „Prozessanalyse“ und „Ökobilanz“.

Ein primäres Ziel des Projektes war die Analyse und Bewertung der qualitativen und quantitativen Anforderungsprofile verschiedener Biomasseheiz(kraft)werke, der Anteile, Herkunft und Preise der eingesetzten Biomassebrennstoffe sowie der einzelnen Prozessschritte der Bereitstellung. Dadurch konnten u.a. Aussagen über aktuelle und mögliche, Organisationsstrategien für eine nachhaltige Rohstoffversorgung im Bezug auf die Biomasselogistik, die Abrechnungsmodalitäten sowie die Ascheentsorgung dargestellt werden. Die gewonnen Erkenntnisse sowie denkbare Lösungsansätze wurden mit den beteiligten Projektpartner in einem Workshop diskutiert.

Ein weiterer Schwerpunkt des Forschungsprojekts beinhaltete die Untersuchung neuer Verfahrenstechnik entlang der Bereitstellungskette. In mehreren Feldversuchen wurden Energieholz-Sammelaggregate, Spezialaufbauten für Forwarder und der Einsatz von speziellen Trocknungsfolien bei der Lagerung von Waldrestholz im Praxiseinsatz erprobt. Insbesondere das Themenfeld Energieholzernte mit Sammelaggregaten erfuhr wachsendes Interesse bei Forstdienstleistungs- und Biomasseunternehmen. Im Rahmen eines Workshops konnten weitere Erfahrungen gesammelt und zu einem aktiven Wissenstransfer beigesteuert werden.

Im dritten Teilprojekt wurde eine produktbezogene Ökobilanz erarbeitet. Im Rahmen der Sachbilanz wurden verschiedene Varianten sowohl der Aufbereitung von Waldhackgut, der unterschiedlichen logistischen Ketten sowie unterschiedliche Kraftwerkstypen und –größen abgebildet.

Das geplante Poster beinhaltet die Auszüge der Ergebnissen der drei Projektmodule Prozessanalyse, Verfahrenstechnik und Ökobilanz. Darüber hinaus wird der Forschungsansatz des Gesamtprojekts kurz vorgestellt.

[18] Dr. Florian Zormaier ist Energieholzberater an der bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
[19] Prof. Dr. Bernhard Zimmer ist Fachbereichsleiter für Holztechnologie & Ökologie an der Fachhochschule Salzburg

5-5
Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen zur thermischen Verwertung

Dr. Katja Gödeke, PD Dr. Hans Hochberg
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Agrarökologie und landwirtschaftlicher Bodenschutz, Naumburger Str. 98, 07743 Jena, katja.goedeke@tll.thueringen.de

Einleitung

In den vergangenen Jahren hat sich, mit steigendem Anteil der Energie aus Biomasse, die Flächenkonkurrenz zwischen der Produktion von Nahrung, Futter und Energie verstärkt. Zudem besteht ein wachsender Anspruch auf eine noch effizientere Nutzung der vorhandenen Flächen. Somit werden heute auch Extensivflächen für eine Produktion interessant. In einem, vom BMELV über die FNR geförderten, Verbundvorhaben („GNUT“, Laufzeit 2008-2011, FKZ 22005808) wird die Nutzung der Grünland-Aufwüchse von Naturschutzflächen zur thermischen Verwertung untersucht.

Material und Methoden

Es wurden fünf Dauergrünlandtypen in fünf Bundesländern ausgewählt, die jeweils die regionalen Gegebenheiten widerspiegeln. Dabei wurden vier Varianten auf Praxisflächen in vierfacher Wiederholung und einer vollständig randomisierten Blockanlage angelegt.
Die Standorte wurden wie folgt definiert:

Niedersachsen:	Feuchtwiese (Groß-Seggenried, Wiesenbrütergebiet, artenarm)
Sachsen:	Nasswiese (Kohldistel mit Mähdesüß überprägt)
Thüringen:	Goldhaferwiese (typische Ausprägung)
Bayern:	Streuwiese (artenreich)
Brandenburg:	Rohrglanzgraswiese Niedermoor (Dominanzbestand)

Die jeweils vier Varianten unterscheiden sich, je nach standörtlichen Gegebenheiten, z.B. in der Schnitthäufigkeit (1schnittig/2schnittig/Schnitt alle 2 Jahre), dem Schnittzeitpunkt (zwischen zwei Varianten liegen mind. 4 Wochen), dem Düngungsregime (nur in Thüringen und Brandenburg, mit NPK-, PK-, K-Düngung).

Erste Ergebnisse (einjährig)

Grundsätzlich zeigt sich schon nach dem ersten Versuchsjahr eine gewisse ertragliche Vorzüglichkeit einiger Grünlandtypen, wie die Rohrglanzgraswiese, aber auch das Groß-Seggenried und die Kohldistelwiese sowie die zweischnittige Nutzungsvariante des Goldhafers für die Produktion von Biomasse zur thermischen Verwertung. Für eine abschließende Bewertung bedarf es jedoch noch einer umfassenden ökonomischen Betrachtung und der Hinzuziehung der z.Zt noch ausstehenden Laborergebnisse, also die Beurteilung der Brennstoffeigenschaften des erwartungsgemäß sehr differenzierten Probenmaterials.
Weitere Informationen zum Projekt auch unter www.tll.de/ainfo.

5-6
Durchwachsene Silphie - eine Energiepflanze als Koferment in Biogasanlagen

Michael Conrad, Andrea Biertümpfel, Armin Vetter
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Thüringer Zentrum Nachwachsende Rohstoffe, Apoldaer Straße 4, 07778 Dornburg, michael.conrad@tll.thueringen.de

Die im Osten Nordamerikas beheimatete Durchwachsene Silphie ist ein ausdauernder Korbblütler, dessen Nutzungsdauer bei zweischnittiger Beerntung bis zu 15 Jahre beträgt. Eine Etablierung der Bestände ist sowohl durch Pflanzung vorkultivierter Jungpflanzen als auch durch Direktsaat möglich, wobei eine Bestandesdichte von ca. 40.000 Pflanzen/ha anzustreben ist. Hinsichtlich des Bodens sind die Pflanzen relativ anspruchslos, wachsen aber am besten auf humosen Böden mit guter Wasserführung. Für den Anbau nicht geeignet sind staunasse Standorte. Der Wasserbedarf der Silphie ist mit 350 bis 400 mm Niederschlag pro Jahr bereits gedeckt.

An die Vorfrucht stellt die Durchwachsene Silphie keine besonderen Ansprüche. Allerdings sollte bei Auswahl dieser auf unkrautunterdrückende Eigenschaften geachtet werden, da die Pflanzen im ersten Anbaujahr relativ langsam wachsen und zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine zugelassenen Herbizide für diese Kultur existieren.

Die Düngung erfolgt zur Pflanzung und zu Beginn eines jeden Vegetationsjahres. Je nach Ertragserwartung beträgt der N-Sollwert 150 bis 200 kg N/ha. Die Düngung anderer Makronährstoffe erfolgt nach Entzug. Besonders zu beachten ist der hohe Magnesiumbedarf.

Geerntet wird der gesamte oberirdische Teil der Pflanze bei einem TS-Gehalt von 28 bis maximal 30 % mit einem praxisüblichen Häcksler. Erreicht wird dieses Entwicklungsstadium Anfang bis Ende September, in Abhängigkeit der Anbauregion, zu Blühende bzw. dem Beginn der Samenreife. Der Biomasseertrag liegt bei 170 bis 250 dt Trockenmasse/ha ab dem 2. Anbaujahr. Die Silierung des Erntegutes der Pflanze ist problemlos. Da die Durchwachsene Silphie einen hohen Futterwert besitzt, ist die Silage sowohl als Viehfutter als auch als Koferment in Biogasanlagen geeignet. Gegenwärtig wird die letztgenannte Verwertungsrichtung favorisiert. Der Einsatz der Silage in einer Biogasanlage hat gezeigt, dass die Methanausbeuten vergleichbar mit Maissilage sind.

Um die Pflanze erfolgreich in der landwirtschaftlichen Praxis zu etablieren, ist es erforderlich, das Anbauverfahren, die Unkrautbekämpfung und die Verarbeitung weiter zu optimieren. Hierzu erfolgen gegenwärtig im Rahmen eines von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. geförderten Projektes Versuche zur Direktsaat, zur Aussaat unter Deckfrucht sowie Herkunftsprüfungen und Herbizidversuche an verschiedenen Standorten Deutschlands.

5-7A / 5-7B / 5-7C / 5-7D
Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen

Autoren: Christoph Strauß, Armin Vetter, Arlett Nehring
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschft (TLL), Ref.430, Apoldaer Str. 4, 07778 Dornburg

Ziele und Aufbau des Verbundprojektes „EVA“

Im Rahmen des vom BMELV über die FNR finanzierten Verbundvorhabens „EVA“ werden seit 2005 Anbausysteme getestet, die pflanzenbaulich, ökonomisch und ökologisch fundierte sowie praxisrelevante Aussagen zur optimalen Bereitstellung von Energiepflanzen für die Produktion von Biogas liefern sollen.

Im Zentrum des Verbunds steht ein Fruchtfolgeversuch mit deutschlandweit fünf Fruchtfolgen, die in sieben Bundesländern einheitlich angebaut werden. Darüber hinaus werden Fragestellungen zu alternativen Anbausystemen wie dem Zweikulturen-Nutzungssystem oder dem Mischfruchtanbau, zur Nutzung von mehrjährigem Ackerfutter, zur optimalen Intensität des Faktoreinsatzes (Beregnung, Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz) sowie zu Substrateigenschaften und Biogasausbeute durchgeführt. Begleitet werden die Fragestellungen durch eine ökologische und ökonomische Begleitforschung. Durch die vernetzte Bereitstellung von Daten ist die Betrachtung der gesamten Prozesskette von der Aussaat bis zur Biogaserzeugung gewährleistet. Mit einer zweiten Projektphase (2009-2012) wird darauf abgezielt, Ergebnisse zu vertiefen und durch neue Aspekte zu ergänzen, wie beispielsweise die Düngung mit Gärresten.

Ergebnisse

Fruchtfolgen, die sowohl massereiche C4-Sommerungen und Wintergetreide sowie weitere C3 bzw. C4-Glieder enthalten erzielen auf allen untersuchten Standorten die höchsten Erträge.

- Mais ist wie gehabt die Fruchtart, die auf den meisten Standorten und unter den vorherrschenden Bedingungen die höchsten TM-Erträge liefert.
- Unter Umständen, d.h. an warmen und trockenen Standorten können Sorghumarten (*sorghum bicolor* bzw. *sorghum sudanense x sorghum bicolor*) ein vergleichbares Ertragsniveau erreichen. So wurden sowohl in Dornburg (2005: 175,53 vs. 163,49 dt TM//ha) als auch in Güterfelde (2006: 99,46 vs. 88,24 dt TM/ha) höhere Erträge mit Sudangrashybriden erzielt
- Getreideganzpflanzen sind eine gute Alternative, da hohe Erträge mit geringen Produktionskosten verbunden sind. Zu empfehlen sind vor allem Wintergetreidearten. Ein maximaler Ertrag zur Teigreife kann allerdings in vielen Fällen das Überschreiten der Silierfähigkeit bedeuten. Die Ausrichtung des Erntedatums sollte daher am Trockenmassegehalt erfolgen. Eine nicht zu späte Ernte erhöht auch die Chancen, dass mit einer Folgekultur erntewürdig Erträge erzielt werden können.
- Eine derartige Kombination wurde mit Versuchen zum Zweikulturnutzungssystem auf 7 Standorten geprüft. Es konnte gezeigt werden, dass durch eine Kombination von früher geernteten Winterungen (BBCH 75) und massereichen Sommerungen (Ernte bei BBCH 83 eine Ertragsteigerung gegenüber dem Hauptfruchtanbau möglich war. Höchste Erträge

wurden mit den Kombinationen Roggen GPS + Mais und Roggen-Erbse-Gemenge + Mais erzielt.

- Durch Batch-Tests konnten Unterschiede im Gasbildungspotenzial der Fruchtarten herausgestellt werden. Wichtigster Einflussfaktor ist der Verholzungsgrad, also der Anteil an unverdaulichem Lignin. Während Mais und Triticale ähnliche Methanausbeuten je kg oTM aufweisen, liegt die Ausbeute der Sorghumarten um fast 10 % niedriger. Bei der Substratbereitstellung ist darauf zu achten, dass zur Silierung ein TM-Gehalt von 28-35 % vorliegt,
- Ein ökonomischer Vergleich der Fruchtfolgen und Fruchtfolgeglieder zeigt, dass unter Annahme eines Gärsubstratpreises von 28,1 €/ t $FM_{33\%}$ bei Mais und eines Weizenpreises von 151 € / $t_{86\%}$ gemischte Fruchtfolgen mit hohem Anteil an Marktfrüchten im Vorteil sind. Eine Betrachtung der Fruchtfolgeelemente zeigt, dass Mais im Hauptfruchtanbau aus ökonomischer Sicht die höchsten Deckungsbeiträge der für eine Nutzung als Biogassubstrat geplanten Fruchtfolgeglieder liefern kann. Eine Steigerung von Erträgen über zwei Ernten im Jahr (Zweikulturnutzung oder Ergänzung mit Zwischenfrüchten) kann trotz höherer Erträge in den meisten Fällen nicht den zusätzlichen Kostenaufwand decken.
- Für eine langfristig nachhaltige und effiziente Gestaltung von Fruchtfolgen sind allerdings auch weitergehende Aspekte einzubeziehen. So konnten Modellrechnungen im Rahmen der abiotischen Begleitforschung zeigen, dass die komplette Abfuhr des Pflanzenmaterials im Rahmen der getesteten Fruchtfolgen ohne Rückführung der Gärreste (wie bei Nutzung als BtL-Substrat) vor allem durch stark humuszehrende Früchte wie Mais in den meisten Fällen zu einer negativen Humusbilanz führt. Unter Annahme einer Rückführung der Gärreste werden die Humusbilanzen positiv. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der verwendete Reproduktionskoeffizient (0,31) aktuell noch nicht abgesichert ist.
- Eine Möglichkeit zur Gewährleistung einer ausreichenden Humusreproduktion ist die Einbindung mehrjähriger Ackerfuttermischungen, die auch ökonomisch attraktiv sein können. Die Untersuchung verschiedener Mischungen in Niedersachsen, Brandenburg und Thüringen zeigte, dass die etablierten Mischungen hohe Erträge liefern können. 2006/2007 ließen sich in Berge (BB) durchschnittlich 213,21 dt TM/ha und auf dem niedersächsischen Marschstandort Sopienhof 226,38 dt TM/ha ernten, wobei ein Schittregime mit geringerer Schnittanzahl höhere TM-Erträge und trotz geringerer Ausbeuten auch höhere Gaserträge lieferte.

Fazit

Im Rahmen des Verbundprojektes konnte aufgezeigt werden, dass es eine Vielzahl von Möglichkeiten gibt, Anbausysteme standortangepasst zu gestalten. Unter Verwendung masseträchtiger, alternativer Fruchtarten wie Wintergetreide-GPS, Sorghumarten oder mehrjährigem Ackerfutter stehen Anbausysteme im Vordergrund, mit denen sowohl pflanzenbauliche und ökonomische als auch ökologische Ziele verfolgt werden können.

Literatur

Benke, M,; Rieckmann, C. 2008: Mehrjährige Ackerfuttermischungen. In: Vetter, A. et al. Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Ed.) Gülzow.

Herrmann, C, Heiermann, M.; Idler, C. Scholz, V. 2009: Einfluss der Silierung auf die Biogasbildung – Aktuelle Forschungsergebnisse. In: 18. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V. Tagungsband. Hannover.

Stülpnagel, R.; Buttlar, C. von; Heuser, F. 2008: Teilprojekt 6. Systemversuch zum Zweikulturnutzungssystem auf sechs Standorten im Bundesgebiet. Zwischenbericht 2007. Universität Kassel/ Witzenhausen.

Toews, T.; Kuhlmann, F. 2007. Ökonomische Bewertung des Anbaus und der Verwertung von Energiepflanzen. Teilprojekt 3 (FKZ 22002505). 3. Zwischenbericht. Justus-Liebig-Universität Gießen.

Willms, M.; Hufnagel, J; Glemnitz 2008. Ökologische Begleitforschung. In: Vetter, A. et al. Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Ed.) Gülzow.

5-8
Agroforstsysteme in der landwirtschaftlichen Praxis

Andrea Biertümpfel; Manuela Bärwolff; Dr. Armin Vetter
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Thüringer Zentrum Nachwachsende Rohstoffe, Apoldaer Straße 4, 07778 Dornburg, andrea.biertuempfel@tll.thueringen.de

Einleitung

In dem von der FNR geförderten Verbundvorhaben wird seit 2007 die Produktion von Kurzumtriebsholz zur Energiegewinnung und von konventionellen landwirtschaftlichen Kulturen in Agroforstsystemen auf insgesamt vier Standorten in Thüringen, Brandenburg und Niedersachsen ökologisch und ökonomisch bewertet, um hieraus in generalisierbarer Form Möglichkeiten der Optimierung abzuleiten und diese der landwirtschaftlichen Praxis und Beratung zur Verfügung zu stellen. Neben der exakten Dokumentation der Kosten und Erträge werden daher Untersuchungen zum Mikroklima zwischen den Baumstreifen sowie zu Flora und Fauna durchgeführt.

Zielstellung

Ziel von Agroforstsystemen ist es, die Produktionsfunktion der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche zu optimieren, holzartige Bioenergieträger auf landwirtschaftlichen Flächen zu erzeugen, die Ertragssicherheit auf den Ackerstreifen durch die Windschutzwirkung der Baumstreifen zu steigern sowie die Biodiversität der Agrarlandschaft zu erhöhen und die Erholungsfunktion des ländlichen Raumes aufzuwerten.

Beispiel – Standort Thüringen

Der Standort repräsentiert die Anlage von Agroforstsystemen auf intensiv bewirtschafteten Flächen Mitteldeutschlands. In Dornburg/Saale wird auf einem 50 ha Ackerschlag in einem strukturarmen Kulturlandschaftsteil der streifenförmige Anbau von Energieholz (Pappelklone Max 1, 3 und 4) in unterschiedlichen Anlagevarianten erprobt und demonstriert. Die Effekte von zwei verschiedenen Umtriebszeiten mit entsprechend angepassten Pflanzabständen, unterschiedlichen Abständen der Energieholzstreifen und dem Einstreuen heimischer Baumarten werden untersucht.
Im Herbst 2008 hatten die Pappeln eine durchschnittliche Wuchshöhe von ca. 1,5 m bei einer Bestandesdichte von > 90 % der Sollpflanzenzahl erreicht. Die Baumstreifen bieten somit beste Voraussetzungen für die Untersuchungen zu Begleitflora und –fauna, die in 2008 bereits begonnen worden sind. Gleichzeitig konnten erste Ergebnisse zur ertragsbeeinflussenden Wirkung der Bäume auf die Ackerkultur gewonnen werden. Eine Intensivierung dieser Effekte ist ebenso wie die Beeinflussung von Witterungsparametern im weiteren Projektverlauf zu erwarten.

5-9
CO_2-Bilanz für Silomais zur Biogaserzeugung vom Anbau bis zur Stromeinspeisung

B. Eder, C. Papst, B. Damhofer, J. Eder, H. Schmid, K.-J. Hülsbergen
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,
Am Gereuth 4, 85354 Freising; barbara.eder@lfl.bayern.de

Silomais ist die dominierende Pflanzenart für die Biogaserzeugung. Daher ist es wichtig bei der Betrachtung der CO_2-Emissionen auch die energiebedingten Emissionen zu berücksichtigen. Vor allem der Humusabbau unter Mais beinflusst die Ergebnisse deutlich.

In einem zweijährigen Feldversuch mit Genotypen unterschiedlicher Reife wurden zwei Düngerarten und drei Düngerstufen an zwei Standorten in Bayern geprüft. Es wurden Mineraldünger und Gärreste (mit Mais als Hauptsubstrat) eingesetzt. Mit Hilfe des Modells REPRO wurde eine Energie- und $CO_{2äq}$-Bilanzierung des Anbaus durchgeführt. Zur Abschätzung der weiterführenden Prozesskette bis zur Biogaserzeugung und Stromeinspeisung dienten Literaturwerte. Die CO_2-Bilanzierung wurde mit den Inputgrößen Energieeinsatz, Gasemissionen, C-Sequestrierung und Substitution durchgeführt.

Die Düngerart hatte keinen Einfluß auf die Ertragshöhe (Tab.). Die hohen Erträge (auch der Nullvariante) sind auf die gute N-Versorgung in den Vorjahren und auf das hohe N-Nachlieferungsvermögen der Böden zurück zu führen. Die Nutzung von Silomais zur Stromerzeugung aus Biogas führte zur Reduktion von klimareleva nten Emissionen in Höhe von etwa 8500 kg $CO_{2äq}$ ha^{-1} durch die Substitution einer entsprechenden Strommenge unter den Bedingungen des deutschen Strommixes. Die C-Freisetzung des Bodens schlug mit nahezu 70 % der $CO_{2äq}$ Emissionen aus der Maisproduktion sehr stark zu Buche. Zwischenfrüchte und weitgestellte Fruchtfolgen sind daher beim Maisanbau unabdingbar für eine klimafreundliche und nachhaltige Energieproduktion.

CO_2-Bilanzierung von Silomais zur Stromerzeugung in Abhängigkeit der Düngerart

Kennzahl	ME	Null	MD	OD	MW
Ernteertrag	dt TM ha^{-1}	213	240	241	236
Energiebindung Biomasse	GJ ha^{-1}	390	440	444	435
Stromertrag	kWh_{el} ha^{-1}	23328	26308	26407	25928
CO_2-Emissionen Maisanbau	kg $CO_{2äq}$ ha^{-1}	5179	6105	4501	5285
1. CO_2-Emissionen Energieeinsatz	*kg $CO_{2äq}$ ha^{-1}*	*573*	*835*	*621*	*706*
2. N_2O-Emissionen	*kg $CO_{2äq}$ ha^{-1}*	*286*	*948*	*879*	*824*
3. C-Freisetzung Boden	*kg $CO_{2äq}$ ha^{-1}*	*4321*	*4321*	*3001*	*3755*
CO_2-Emissionen Bau & Betrieb Biogasanlage	kg $CO_{2äq}$ ha^{-1}	2286	2578	2588	2541
CO_2-Emissionen Substitution	kg $CO_{2äq}$ ha^{-1}	-14626	-16495	-16557	-16257
CO_2-Bilanz–Saldo	kg $CO_{2äq}$ ha^{-1}	-7161	-7813	-9468	-8431

* Null: Nullparzelle (30 kg N ha^{-1} zur Saat), MD: min. Düng. OD: org. Düng. (Gärrest), MW: Mittelwert

5-10
Freisetzung von klimarelevanten Gasen bei unterschiedlicher Applikation eines Gärrestes in einem Laborversuch

Friedhelm Herbst, Wolfgang Gans, Florian Stange
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Professur für Pflanzenernährung, Adam-Kuckhoff-Sr. 17b,
06108 Halle, friedhelm.herbst@landw.uni-halle.de

In einem BMELV-Projekt wird an der Freisetzung der Gase CO_2, CH_4, N_2O und NH_3 nach der Ausbringung von Gärresten aus Biogasanlagen mit nachwachsenden Rohstoffen gearbeitet. Dabei werden verschiedene Applikationsmethoden und Zusatzstoffe untersucht, die eine Minderung der Freisetzung bewirken könnten. Im Poster wird über die Ergebnisse eines Laborversuches berichtet, in welchem der Gärrest unterschiedlich appliziert wurde. Der verwendete Boden war eine Löß-Schwarzerde mit einem pH-Wert von 5,9 und lufttrocken bei Versuchsansatz. Der Gärrest stammte aus einer Biogasanlage mit Vergärung von Gülle, Stallmist sowie Maissilage und hatte einen pH-Wert von 8,1. Die applizierte Gärrestmenge betrug äquivalent 100 kg NH_4-N/ha.

Der Einsatz des Gärrestes erhöhte die Freisetzung aller Gase, am stärksten von Kohlendioxid und Lachgas. Die Freisetzung von Methan und Ammoniak war vergleichsweise unbedeutend. Bei Kohlendioxid, Ammoniak und Methan trat die höchste Freisetzung sofort nach der Applikation auf und nahm danach stetig ab. Beim Lachgas wurde erst 8-10 Tage nach der Applikation das Maximum der Freisetzung erreicht. Die verschiedenen Applikationsmethoden (oberflächig, eingearbeitet, eingebracht in eine Furche mit und ohne Oberflächenkontakt) beeinflussten die Freisetzung der Gase in unterschiedlicher Art und Weise.

Über die CO_2-Äquivalente der Gase wird eine Summenbildung über alle Gase vorgenommen. Dabei kann die Summe als „Klimawirkung“ betrachtet werden. Die tendenziell geringste negative „Klimawirkung“ besaß unter den geprüften Bedingungen die Einarbeitung des Gärrestes als Folge einer deutlichen Minderung der Freisetzung von Lachgas. Die Summe der Freisetzung von NH_3-N und N_2O-N in absoluten N-Mengen wird als „N-Wirkung“ bewertet. Auch hierbei wirkte die Einarbeitung am positivsten. Die oberflächige Applikation wies die schlechteste „N-Wirkung“ aufgrund der hohen Freisetzung von Ammoniak auf.

Die Ursachen für die Wirkungsdifferenzen der Applikationsmethoden sind vor allem im unterschiedlichen Konzentrationsgrad der N-Verbindungen im Boden zu suchen. Eine Vermischung des Gärrestes mit dem Boden reduziert die N-Konzentration. Die erzielten Ergebnisse gelten vorläufig nur für die geprüften Bedingungen und bedürfen einer Überprüfung durch weitere Untersuchungen.

Die Arbeiten wurden mit Mitteln des BMELV / FNR gefördert (FKZ 22025207)

5-11
Einfluss von mineralischem Stickstoffdünger auf die CO_2-Bilanz nachwachsender Rohstoffe

Jürgen Kern; Hans Jürgen Hellebrand; Volkhard Scholz; Antje Balasus
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam,
jkern@atb-potsdam.de

Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen hat in den letzten Jahren neue Möglichkeiten für eine CO_2-neutrale Energiebereitstellung geschaffen. Entscheidend bei der Etablierung eines nachwachsenden Rohstoffs ist seine energetische Effizienz, also das Verhältnis der gewonnenen und nutzbaren Energie zum Energieaufwand, der zur Biomasseproduktion erforderlich ist. Dies lässt sich im Rahmen einer Ökobilanzierung abschätzen, die so weit möglich die gesamte Wertschöpfungskette abbilden sollte. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Einsatz von mineralischen Stickstoffdüngemitteln. Sowohl bei der energieaufwändigen Herstellung stickstoffhaltiger Düngemittel als auch bei seiner Anwendung im Pflanzenbau kommt es zur Freisetzung des Treibhausgases N_2O (Flessa et al., 2002, Heller et al., 2003, Hellebrand et al., 2008).

Dieser Aspekt wurde am Leibniz-Institut für Agrartechnik Bornim von 2003 bis 2006 in einjährigen und mehrjährigen Kulturen auf lehmigem Sandboden untersucht. In drei verschiedenen Düngungsstufen (0 kg N, 75 kg N, 150 kg ha^{-1} a^{-1}) wuchsen auf 624 m² großen Parzellen Pappel und Weide im Kurzumtrieb sowie als Fruchtfolge Roggen, Raps und andere Getreidekulturen im jährlichen Schnitt. Der düngungsinduzierte Emissionsfaktor lag in diesem Zeitraum zwischen 0,5 und 1,8%.

Ohne die Nachernteprozesse Trocknung, Lagerung und Transport in der CO_2-Bilanz zu berücksichtigen, führen allein die Treibhausgas-Emissionen, die aus der Düngemittelproduktion und –anwendung resultieren, zu einer Verringerung des positiven Effekts bei der CO_2-Einsparung gegenüber fossilen Energieträgern um bis zu 47%. Im günstigsten Fall, der ungedüngten Pappelvariante, wurde am brandenburgischen Versuchsstandort eine Einsparung von 14 t CO_2-Äquivalenten pro Hektar und Jahr erzielt.

Literatur

Flessa H, Ruser R, Dörsch P, Kamp T, Jimenez MA, Munch JC, Beese F (2002) Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO_2, CH_4, N_2O) from two farming systems in southern Germany, Agriculture, Ecosystems & Environment. Vol. 91, pp. 175-189.

Hellebrand HJ, Scholz V, Kern J (2008) Fertiliser induced nitrous oxide emissions during energy crop cultivation on loamy sand soils. Atmospheric Environment, Vol. 42, pp. 8403-8411.

Heller MC, Keoleian GA, Volk TA (2003) Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system, Biomass & Bioenergy, Vol. 25, pp. 147-165.

5-12
Einfluss der Zusatzbewässerung auf den Biomasse- und Energieertrag von Energiepflanzen

Dr. Sandra Kruse
Landwirtschaftliches Technologiezentrum (LTZ) Augustenberg, Außenstelle Rheinstetten-Forchheim
Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten, Tel.: 0721-9518 231, sandra.kruse@ltz.bwl.de

Hintergrund der Untersuchung

Die Nutzung von Biomasse zur Strom- und Wärmeerzeugung über die Vergärung in Biogasanlagen ist eine Möglichkeit, den steigenden Energiebedarf nachhaltig zu decken. Bedingt durch das hohe Leistungspotenzial und den bekannten Anbauverfahren wird vorrangig Mais zur Biomasseerzeugung angebaut. Alternative Kulturarten wie z. B. Sorghum und Sonnenblumen könnten darüber hinaus das Potenzial besitzen, Energiepflanzenfruchtfolgen aufzulockern, ohne dass es zu Ertragseinbußen kommt. Im Zuge des prognostizierten Klimawandels wird darüber hinaus die Zusatzbewässerung vor allem in warmen und trockenen Regionen immer weiter an Bedeutung gewinnen, um Ertragssicherheit garantieren zu können. Im Rahmen eines deutschlandweiten und von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) e.V. geförderten Verbundprojektes zu standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen (EVA) werden im Teilprojekt 5 „Einfluss der Zusatzbewässerung auf den Biogasertrag von Energiepflanzen“ am Standort Forchheim (Baden-Württemberg, Rheintal) seit 2005 verschiedene Maissorten neben Sorghum, Sonnenblumen, Topinambur und Futterrüben unter verschiedenen Bewässerungsintensitäten hinsichtlich ihres Leistungspotenzials zur Energieproduktion untersucht.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Mittel der Jahre 2005-07 realisieren späte Maissorten und Futterrüben bei optimaler Bewässerungsintensität einen Ertrag von ~25 t Trockenmasse (TM) bzw. ~7000 m³ Methan (CH_4) pro Hektar und Jahr, wobei durch eine Zusatzbewässerung jeweils eine Ertragssteigerung von 30 % erzielt werden kann. Auch die anderen getesteten Kulturen reagieren mit einem ähnlich hohen Ertragszuwachs, jedoch insgesamt auf einem geringeren Ertragsniveau (opt. Bewässerung: Sonnenblumen 11 t; Topinambur 18 t; Sorghum 17 t TM/ha*a). Somit können an unserem Standort Sonnenblumen mit Relativerträgen von 40-50 % zu Mais nur bedingt zur Biomasseproduktion empfohlen werden. Sorghum kann dagegen in den unberegneten Varianten einen Relativertrag zu Mais von bis zu 96 % (Trockenmasse) bzw. 80 % (Methan) erzielen und insbesondere auf nicht bewässerungsfähigen, trockenen Standorten als Ergänzung zum Mais in Energiepflanzenfruchtfolgen in Frage kommen. In Abhängigkeit der Substrat- bzw. Energiekosten wird die Zusatzbewässerung auch von Energiepflanzen bei entsprechenden Klimaänderungen an Bedeutung gewinnen. Durch die Quantifizierung der Biomasse- bzw. Energieerträge unterschiedlicher Energiepflanzen und deren Zuwächsen durch die Bewässerung können die vorgestellten Ergebnisse als Entscheidungshilfe für die Fruchtfolgegestaltung herangezogen werden.

Themenblock 6: Verbraucherverhalten, Bewertung und Umsetzung politischer Maßnahmen

Moderation: Erika Claupein, Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Ernährungsverhalten
Bernhard Osterburg, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) – Institut für Ländliche Räume (LR)

Nummer	Titel und Autoren	Seite
6-1	Project presentation: Climate Change: Terrestrial Adaptation & Mitigation in Europe (CC-TAME) *von Dorian Frieden, Naomi Pena*	185
6-2	Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland *von Jesko Hirschfeld, Julika Weiß*	186
6-3	Effizienzsteigerung durch Energie- und Nährstoffnutzung von Wirtschaftsdüngern – Regionale Aspekte *von Sylvia Warnecke et al.*	187
6-4	Klimaschutz durch Moorschutz: strukturelle Unterschiede in Akteursnetzwerken und Einstellungen gegenüber Landnutzungsänderungen *von Rico Hübner, Jochen Kantelhardt*	188
6-5	Farmers View on Climate Friendly Peatland Management *von Lena, Schaller; Jochen Kantelhardt*	190
6-6	Hydrothermale Carbonisierung von Biomasse, die Strategie für eine nachhaltige Energie- und Landwirtschaft und für effizienten Klimaschutz *von Rainer Schlitt et al.*	192
6-7	Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben *von H. Frank et al.*	193
6-8	Datengrundlagen für treibhausgasrelevante Emissionen und Senken in landwirtschaftlichen Betrieben und Regionen Österreichs *von Martina Kasper et al.*	194
6-9	Das Berichtsmodul ‚Landwirtschaft und Umwelt' in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen *von Thomas G. Schmidt, Bernhard Osterburg*	195
6-10	Nutzung von Mikrodaten zur Ermittlung der THG Emissionen der deutschen Landwirtschaft *von Norbert Röder et al.*	196
6-11	Unvereinbarkeit der Agrarpolitik sowie insbesondere der Düngeverordnung (2007) des BMELV nicht nur mit dem Umwelt- und insbesondere Klimaschutz *von Klaus, Isermann*	197
6-12	Energiebilanzen von extensiven Anbauverfahren im Vergleich zum ortsüblichen Standardverfahren *von Kathrin Deiglmayr et al.*	199
6-13	Einfluss der landwirtschaftlichen Erzeugung auf die CO_2e-Bilanz eines Brotes – Dargestellt am Beispiel Märkisches Landbrot *von Sebastian Gollnow*	200

Nummer	Titel und Autoren	Seite
6-14	Einflussfaktoren auf die Klimarelevanz der Lebensmittelbereitstellung *von Daniela Thomae, Elmar Schlich*	202
6-15	Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft -CO_2-Fooprints: potentials and pitfalls- *von Sabrina Hachenberg et al.*	204
6-16	LCA-Fallstudien zur Ökobilanzierung von Lebensmitteln: hoher Aufwand, niedrige Trennschärfe, zweifelhafter Nutzen *von Axel Rathjen*	205
6-17	Nationale Verzehrsstudie II: Ernährungsverhalten bezüglich klimawirksamer Faktoren *von Marianne Eisinger-Watzl et al.*	206
6-18	Lebensmittelkosten bei Klima schonenden Ernährungsweisen im Vergleich zur üblichen Ernährung *von Eva Mertenset al.*	207
6-19	Nachfrage und Kennzeichnung klimafreundlich erzeugter Lebensmittel in Deutschland *von Meike Henseleit*	208

6-1
Project presentation: Climate Change: Terrestrial Adaptation & Mitigation in Europe (CC-TAME)

Dorian Frieden, Naomi Pena;
JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung (IEF), Elisabethstraße 5, A-8010 Graz, dorian.frieden@joanneum.at

The land-use sector will be seriously impacted by climate changes. Unlike other sectors, the terrestrial biosphere is not only a source of greenhouse gas (GHG) emissions but can also remove the GHG gas, CO_2, from the atmosphere and store it in plants and soils. Thus in the case of the land sector, opportunities to increase removals as well as reduce emissions must be considered. The land sector also offers significant opportunities to assist in adaptation to climate change.

CC-TAME is a three-year modeling project focused on providing support for domestic European climate strategy. CC-TAME is financed by the European Commission‘s 7th Framework Programme and brings together 17 research institutions led by the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). The project will link data rich, spatially explicit climate, agricultural soil and yield, forest dynamics, and socio-economic models. The goal is to facilitate searches for effective climate change mitigation and adaptation strategies that are coordinated across land, energy, and industrial sectors.

The Common Agricultural Policy, Forest Strategy, and Biofuel Action Plans are among the primary avenues through which climate initiatives are likely to be achieved in Europe. CC-TAME’s modeling effort can provide cost, GHG emission, and land use impacts of current and altered measures under these policies. CC-TAME can, for example, provide:

- Maps of resource potential
- Trade-off analysis for meeting targets, e.g., carbon stocks versus bioenergy
- Impact analysis, e.g.:
  - Allowing land use offsets in the EU trading scheme (EU-ETS)
  - Hydrologic response to management change

Support for international negotiations will be provided through assessment of EU policy options, particularly impacts of bioenergy use on the rest of the world (ROW).

The project is now engaged in model-run design and information is sought in two areas:

1. Suggestions regarding most useful assumptions and policy options to be modeled, and output.
2. Up-to-date information on existing national-level agricultural, forest, and bioenergy programs.

Contacts at JOANNEUM RESEARCH: dorian.frieden@joanneum.at or naomi.pena@joanneum.at
Coordinator IIASA: oberstei@iiasa.ac.at or kraxner@iiasa.ac.at

Literatur

Smith P, Martino D, Cai Z, Gwary D, Janzen H, Kumar P, McCarl B, Ogle S, O’Mara F, Rice, C, Scholes B, Sirotenko O, Howden M, McAllister T, Pan G, Romanenkov V, Schneider U, Towprayoon S (2006) Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment. Vol. 118, 1-4, Jan. 2007, pp. 6-28.

6-2
Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland

Jesko Hirschfeld, Julika Weiß;
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin, jesko.hirschfeld@ioew.de

In der vom Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) im Auftrag der Verbraucherorganisation foodwatch erstellten Studie „Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland“ wurde ein umfassender Vergleich der Klimabilanzen verschiedener konventioneller und ökologischer Verfahren der Tierhaltung und des Pflanzenbaus vorgelegt (Hirschfeld et al. 2008).

Die vorgenommene Klimabilanzierung durchschnittlicher typischer und überdurchschnittlich effizienter Verfahren des konventionellen und ökologischen Landbaus ergab, dass der Ökolandbau in fast allen Verfahren klimafreundlicher wirtschaftet als die konventionellen Vergleichsbetriebe. Einzige Ausnahme ist die Ausmast von Kälbern aus der Milchviehhaltung: Hier haben die konventionellen Verfahren Vorteile, die vor allem aus schnelleren Gewichtszunahmen resultieren. Im Pflanzenbau und in der Schweinemast weist die Bioproduktion eindeutige Klimavorteile auf. Bei der Milchviehhaltung liegen die besonders effizienten Biobetriebe vor den hocheffizienten konventionellen. Die Bio-Durchschnittsbetriebe schneiden demgegenüber geringfügig schlechter ab, jedoch besser als die durchschnittlichen konventionellen Milchviehbetriebe. Der Ökolandbau braucht aufgrund geringerer Erträge und Leistungen jedoch mehr Fläche, daher wäre eine umfassende Umstellung nur bei gleichzeitiger Reduzierung von Fleisch- und Milchproduktion möglich. Unabhängig von der Frage, ob die Flächen konventionell oder ökologisch bewirtschaftet werden, wäre die Wiedervernässung von bislang entwässerten Moorflächen eine der wirksamsten Klimaschutzmaßnahmen. Der Einsatz von Biogasanlagen zur energetischen Nutzung von Wirtschaftsdünger eröffnet zusätzliche, bislang unzureichend ausgeschöpfte Klimaschutzpotenziale.

Um die sektorweiten Potenziale einer klimafreundlichen Umstellung der landwirtschaftlichen Praxis auszuloten, wurden in der Studie zwei hypothetische Gesamtszenarien konstruiert, aus denen sich Reduzierungspotenziale von bis zu knapp 70 Prozent der Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft ergeben. Dieser Wert wäre jedoch nur bei drastischer Einschränkung des Konsums von Fleisch- und Milchprodukten zu erreichen.

Literatur

Hirschfeld, J., Weiß, J., Preidl, M., Korbun, T. (2008) Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. IÖW-Schriftenreihe 186/08. Berlin. Downloadmöglichkeit unter: www.ioew.de

6-3
Effizienzsteigerung durch Energie- und Nährstoffnutzung von Wirtschaftsdüngern – Regionale Aspekte

Sylvia Warnecke, Markus Biberacher, Hans-Jörg Brauckmann, Gabriele Broll
Institut für Strukturforschung und Planung in agrarischen Intensivgebieten (ISPA), Abteilung Geo- und Agrarökologie, Universität Vechta, Postfach 1553, 49364 Vechta, swarnecke@ispa.uni-vechta.de

Die zunehmende Spezialisierung in der Landwirtschaft resultiert oft in einem regional entkoppelten hohen Nährstoffbedarf in Ackerbauregionen auf der einen und einem hohen Nährstoffanfall mit tierischen Exkrementen in Veredelungsregionen auf der anderen Seite. Die Herstellung von Mineraldünger, insbesondere die von mineralischem Stickstoff, ist energie- und damit zunehmend kostenintensiv. In Veredelungsregionen liegt der Nährstoffanfall in den tierischen Ausscheidungen durch importierte und zusätzlich mit Nährstoffen angereicherte Futtermittel häufig über dem, was sinnvoll auf den lokalen landwirtschaftlichen Flächen verwertbar ist. Wirtschaftsdüngerexporte dienen als Mittel des Abbaus von Nährstoffüberschüssen, werden jedoch aufgrund steigender Energiekosten immer teurer. Ziel unserer Untersuchungen ist es daher zunächst, eine möglichst realitätsnahe Schätzung des Anfalls von Wirtschaftsdünger und seiner Zusammensetzung sowie des Nährstoffbedarfs der landwirtschaftlichen Fläche durchzuführen. Als Modellregion dient das Bundesland Niedersachsen, wobei die tiefste Betrachtungsebene zurzeit die der Landkreise ist. Darauf aufbauend erfolgt eine Ermittlung der optimalen regionalen Verteilung der Wirtschaftsdüngernährstoffe mit minimalem Transportaufwand durch ein neu konzipiertes Modell (Biberacher et al., 2009). Die Modellierungsergebnisse lassen schließen, dass selbst unter optimierter Wirtschaftsdüngerverteilung der Transportaufwand noch sehr hoch ist. So ist positiv zu bewerten, dass derzeit eine Erprobung und Diskussion von Verfahren zur Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern in Veredelungsregionen durch die Ausgestaltung des novellierten EEG 2009 (Güllebonus, KWK-Bonus für Gärrestaufbereitung) wieder auflebt. Diese erlauben möglicherweise über räumliche Distanzen hinweg eine Kaskadennutzung von Energie und Nährstoffen aus den Futtermitteln in der Tierernährung, tierischen Exkrementen in der Biogaserzeugung und Gärresten in der Pflanzenernährung (z.B. bei Export einer separierten festen Güllefraktion zur Verwendung als Gärsubstrat in Regionen mit geringeren Viehdichten).

Literatur

Biberacher M, Warnecke S, Brauckmann H J, Broll G (2009) A linear optimisation model for animal farm manure transports in regions with high intensity animal farming. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, accepted.

6-4
Klimaschutz durch Moorschutz: strukturelle Unterschiede in Akteursnetzwerken und Einstellungen gegenüber Landnutzungsänderungen

Rico Hübner & Jochen Kantelhardt
Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues, Technische Universität München
Alte Akademie 14, 85350 Freising, E-Mail: rico.huebner@tum.de

Idee

Die Landwirtschaft steht in der Verantwortung der Erfüllung verschiedenster Bedürfnisse der Gesellschaft. Dazu gehören klassischer Weise die Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Umweltleistungen und der gestaltende Einfluss auf den ländlichen Raum. In den vergangenen Jahren kamen darüber hinaus die Bereitstellung von Bio-Energie und Möglichkeiten der Verminderung von Treibhausgasemissionen als neue Verantwortungsbereiche der Landwirtschaft hinzu.

Am Beispiel von Flächennutzungsänderungen in Moorgebieten im Rahmen der Möglichkeiten zur Treibhausgas-Reduktion wird ein Überblick über die Absichten und Erwartungen der Beteiligten erstellt. Die zugrunde liegenden Netzwerk-Strukturen der involvierten Akteure wird in drei Untersuchungsgebieten im Norden, Süden und Osten Deutschlands ermittelt und verglichen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen erhebliche Unterschiede zwischen den Gebieten, z. B. variiert das vorhandene Wissen über den Klimawandel und es bestehen Unterschiede in der Bereitschaft zur Zusammenarbeit. Je nach Untersuchungsgebiet, erreichen unterschiedliche politische Akteure die höchsten Zentralitätsmaße und sind unterschiedlich stark vernetzt. Daher sind unterschiedliche Strategien zur Implementierung von Klimaschutzmaßnahem notwendig.

Aus der Studie lässt sich der Schluss ziehen, dass die Verwirklichung der Reduktion von Treibhausgasemissionen sich weitgehend auf die Absichten der Beteiligten und die strukturellen Unterschiede in den Stakeholder-Netzwerken stützt. Die Auswertung hat gezeigt, dass Flächennutzungsänderungen aus Klimaschutzgründen eher im südlichen Untersuchungsgebiet Unterstützung findet.

Literatur

Brandes, U. and D. Wagner "Netzwerkvisualisierung." *it - Information Technology*, Vol. **46**, (2004) pp. 129-134.

Brandes, U. and D. Wagner "VISONE - Analysis and Visualization of Social Networks", in M. Jünger and P. Mutzel (eds.), *Graph Drawing Software*: Springer Verlag, 2004, pp. 321-340).

INSNA Webpage. International Network for Social Network Analysis Startseite. (Available at: http://www.insna.org; 2007).

Jansen, D. Einführung in die Netzwerkanalyse: Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele (Opladen, Leske + Budrich, 2003).

Krebs, V. *Social network analysis software and services for organizations, communities, and their consultants*. (Available at: http://www.orgnet.com; 2007).

Real, A.T. and N.D. Hasanagas "Complete Network Analysis in Research of Organized Interests and Policy Analysis: Indicators, Methodical Aspects and Challenges." *Connections*, Vol. **26**, (2005) pp. 89-106.

Schwärzel, K. "Dynamik des Wasserhaushaltes in Niedermooren", *Fachbereich 7: Umwelt und Gesellschaft* (Berlin: Technischen Universität Berlin, 2000).

Wasserman, S. and K. Faust *Social network analysis: methods and applications* (Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1999).

6-5
Farmers View on Climate Friendly Peatland Management

Lena Schaller; Jochen Kantelhardt
Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues, Technische Universität München,
Alte Akademie 14, 85350 Freising-Weihenstephan, Lena.Schaller@wzw.tum.de

The agricultural use of peatlands demands a water-level drawdown that causes aerobe peat-decomposition and high emissions of greenhouse-gases. According to present scientific knowledge, decreasing land-use intensity and re-establishing the original groundwater table seems to be more climate-friendly (Byrne et al., 2004). However, such management requires a significant change to current land-use. Severe consequences for the micro-economic situation of affected farms are to be expected. With this in mind we analysed promotional and retardant factors for the implementation of climate-friendly by compiling extensive Farm Surveys in six German peatland regions.

Results and Discussion

The results reveal that -for the farmers- the level of agricultural profitability of peatland cultivation, concerning income, capital commitment and the share of affected peatland area has the highest impact on the implementation of climate friendly peatland management. It could be seen that whenever current production on peatland sites is fundamental for farm income, highly profitable respectively capital intensive, agriculture's acceptance of management changes is low. Especially for capital intensive production -like dairy farming- and for farms with high shares of peatland area the economic consequences of farm re-organization are likely to jeopardise financial survival, a result also confirmed by our economic calculations. Figure 1 shows that prospects of the implementation of climate friendly peatland management due to agricultural profitability, varies from region to region.

Fig. 1: Prospects of the implementation of climate friendly peatland management

Prospects of implementation due to the…	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6
….level of agricultural profitability of current peatland cultivation	↓	↓	↑	↗	↓	↗

Beside the High-Impact-Factor "Level of agricultural profitability", the farm surveys revealed further factors to influence the implementation of climate friendly peatland management (e.g. level of interconnection and cooperation between local stakeholders, traditional ties, uncertainty, personal unwillingness, etc.). It became clear that even if a re-organisation of peatland use could provide fundamental benefits for society, farmers mainly reject the implementation as they would have to bear the costs of adaptation and would not profit from such a solution. Against this background, the future question will be how either social benefit can be monetarised in order to finance climate-friendly peatland-cultivation strategies or how common instruments of agricultural politic can be used to subsidy the farmers' losses.

Literatur

Byrne, K.A., B. Chojnicki, T.R. Christensen, M. Drösler, A. Freibauer (2004): *EU peatlands: Current carbon stocks and trace gas fluxes.* CarboEurope-GHG Concerted Action – Synthesis of the European Greenhouse Gas Budget, Report 4/2004, Specific Study, Tipo-Lito Recchioni, Viterbo, October 2004, ISSN 1723-2236.

6-6
Hydrothermale Carbonisierung von Biomasse, die Strategie für eine nachhaltige Energie- und Landwirtschaft und für effizienten Klimaschutz

Rainer Schlitt, Hydrocarb; Reinhold Altensen, FH Giessen Friedberg; Fritz Richarts, BPR
Rainer Schlitt, Hydrocarb GmbH & Co. KG, Kirtorfer Str. 17, 36320 Kirtorf

Bei der Hydrothermalen Carbonisierung wird die - weitgehend naturbelassene - Biomasse in einer wässrigen Umgebung bei Temperaturen zwischen 180 und 210 °C und entsprechenden Reaktionsdrücken in Biokohle umgewandelt. Die Reaktionsdauer beträgt zwischen 4 und 12 Stunden, je nach Biomasseart und gewünschter Carbonisierungsrate.

Das bei der HTC gewonnene Produkt, die Biokohle, hat nach den bisher erzielten Versuchsergebnissen ungeachtet einer großen Heterogenität der Eingangsmaterialien eine überraschende Homogenität bezüglich der Zusammensetzung (Elemtaranalyse) und der gemessenen Heizwerte. Nach entsprechender Konfektionierung (Brikettierung, Pelletierung usw.) kann die Biokohle als Energieträger verwendet werden. Für die zukünftigen Erzeuger von Kohle aus HTC wird sich demnach eine komfortable Situation bezüglich der Absatzchancen ergeben: Neben der Verwendung als Energieträger besteht ja auch die Option auf die Verwendung für die Bodenverbesserung.

Bei Einsatz als Energieträger auf dem Wärmemarkt trifft die Biokohle auf einen offenen Absatzmarkt. Als Alternative zu Heizöl und Erdgas wird die Biokohle nicht nur aus ökologischer Sicht, sondern auch aus grundsätzlichen energiewirtschaftlichen Überlegungen hochwillkommen sein. Mit dem zur Zeit in Deutschland nutzbaren Biomassepotenzial von ca. 80 Mio. t TS ließe sich damit durch Einsatz auf dem Wärmemarkt das Äquivalent von ca. 20 Mio. Tonnen Rohöleinheiten substituieren.

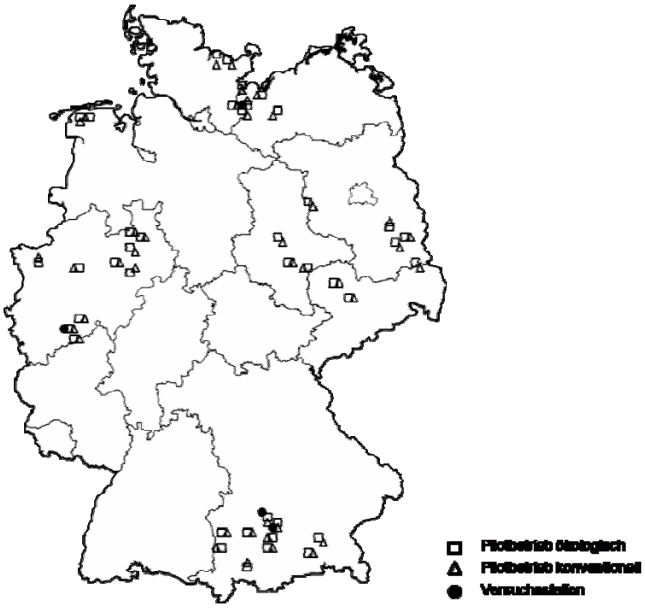
In Spartenanwendungen lassen sich kritische, auf Biomasse basierende Rest- und Abfallstoffe carbonisieren. Dabei werden diese Stoffe hygienisiert. So kann z. B. das Produkt der HTC von Klärschlamm unbedenklich auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgebracht und zur Bodenverbesserung eingesetzt werden. Ebenso lassen sich Gärreste aus der Biogasgewinnung in einen hochwertigen Energieträger umwandeln.

In Breitenanwendungen wird mittels HTC ein jahreszeitlich wechselndes Aufkommen verschiedenster Biomassearten und -qualitäten in einem durchlaufenden Jahresbetrieb zu einem nahezu gleichbleibend gearteten Produkt mit hoher Qualität umgewandelt. Dieses kann entsprechend den aktuellen Bedürfnissen teils auf dem Energiemarkt als Energieträger teils in der Landwirtschaft zur Bodenverbesserung eingesetzt werden.

6-7
Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben

H. Frank*, J. Peter, U. Köpke, J. Plagge, G. Rahmann, O. Christen, K.-J. Hülsbergen
*Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Alte Akademie 12, 85354 Freising; helmut.frank@wzw.tum.de

In einem Verbundprojekt der TU München, des Johann-Heinrich-von-Thünen-Instituts, der Universität Bonn, der MLU Halle-Wittenberg sowie der Bioland Beratung werden die Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen untersucht. Das Projekt wird von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung gefördert. Dabei werden deutschlandweit in vier Regionen (Nord, Süd, Ost, West; siehe Abb.) je 10 ökologische und 10 konventionelle Marktfrucht-, Misch- und Futterbaubetriebe mit vergleichbaren Standortbedingungen untersucht. Die Lage der Regionen wurde so gewählt, dass ein weites Feld der verschiedenen landwirtschaftlichen Standortbedingungen in Deutschland abgebildet wird. Hinzu kommen in drei Regionen Versuchsstationen der beteiligten Institutionen, die für intensive Messungen (z.B. Gasemissionen) zur Verfügung stehen.



Lage der ökologischen und konventionellen Pilotbetriebe und der Versuchsstationen

Ziel ist die ökologische Bewertung der unterschiedlichen Betriebssysteme. Mit Hilfe von Simulationsmodellen (REPRO, Gas-EM), Messungen (z.B. Gasmessungen, Pflanzenbonituren, Futterproben) und Indikatoren (z.B. Nährstoff- und Humussalden, Energieeffizienz, Bodenschadverdichtung, Treibhausgasemissionen) werden die Betriebe hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit beschrieben und Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt. Zudem sollen die gewonnenen Erkenntnisse in die Betriebsberatung einfließen und somit zur Weiterentwicklung des Ökologischen Landbaus und zur Bewertung der landwirtschaftlichen Produktion bezüglich Klimawirkungen und Nachhaltigkeit beitragen.

6-8
Datengrundlagen für treibhausgasrelevante Emissionen und Senken in landwirtschaftlichen Betrieben und Regionen Österreichs

Martina Kasper, Bernhard Freyer, Barbara Amon, Kurt-Jürgen Hülsbergen, Jürgen K. Friedel
Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien, martina.kasper@boku.ac.at

Die landwirtschaftlichen Nutzungssysteme sind in unterschiedlicher Weise an der Emission und Speicherung von klimarelevanten Gasen (CO_2, CH_4 und N_2O) beteiligt, wobei die Wirksamkeit konventioneller und biologischer Bewirtschaftungssysteme als Kohlenstoff-Senken anhand der Humusgehalte in den Böden ermittelt werden kann. Der Beitrag zum Klimaschutz aus der Kohlenstoffspeicherung kann daher durch den jährlichen Zuwachs des organischen Kohlenstoffgehalts im Boden bewertet werden.

Die Projektziele bestehen im Wesentlichen in der Optimierung und Bereitstellung der Daten- und Berechnungsgrundlagen im Bereich Pflanzenbau und Humusgehalte im Boden für eine umfassende Darstellung von Profilen treibhausgasrelevanter Emissionen und Senken landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich, sowie in der Modellierung treibhausgasrelevanter Emissionen und Senken der wichtigsten landwirtschaftlichen Betriebstypen Österreichs (Marktfrucht-, Futterbau-, Veredelungs-, Dauerkultur-, Kombinations-, und landwirtschaftliche Gemischtbetriebe) in den Hauptproduktionsgebieten.

Zur Bestimmung dieser Emissionen wird auf Betriebsebene in erster Linie das integrative Modell REPRO angewendet, welches die Analyse von C-, N- und Energieflüssen im Ökosystem verbindet, um die Quellen bzw. Senken der Treibhausgase ermitteln zu können.

Um das Treibhausgaspotenzial festzustellen, werden Faktoren wie die Kohlenstoff-Speicherung der Böden, die CO_2–Emissionen durch den Einsatz fossiler Energie, die CH_4–Emissionen der Tierhaltung, und die N_2O–Emissionen aus Tierhaltung und Böden berechnet.

Die Darstellung der betrieblichen Profile über treibausgasrelevante Emissionen basiert sowohl auf Humusbilanzen der Böden als auch auf Betriebsdaten zur Bewirtschaftung und zur Tierhaltung.

In ausgewählten Regionen sollen anhand von Paaren modellhafter Betriebe (konventionell bzw. ökologisch bewirtschaftet) die Humusgehaltsänderungen und Gasemissionen modelliert werden.

6-9
Das Berichtsmodul ´Landwirtschaft und Umwelt´ in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen

Schmidt, Thomas G.; Osterburg, Bernhard
Institut für Ländliche Räume, Johann Heinrich von Thünen-Institute (vTI), Bundesallee 50,
D-38116 Braunschweig, thomas.schmidt@vti.bund.de

Die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) zeigen die Wechselwirkungen zwischen Wirtschaft und Umwelt auf (Destatis, 2008). Die UGR analysiert Entwicklungen auf nationaler Ebene und zeigt Trends von 1990 bis heute auf. Es ist ein Satellitensystem, das an die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung gekoppelt ist. In einem Teilbereich der UGR werden die Material- und Energieflüsse berichtet, die alle Ressourcennutzungen und Emissionen von Produktionsketten beschreiben. Im Auftrag des für die UGR verantwortlichen Statistischen Bundesamtes (Destatis, 2007) waren die Autoren an einem Forschungsprojekt zur Disaggregierung des landwirtschaftlichen Sektors als Teil der nationalen UGR beteiligt (Schmidt und Osterburg, 2006). Hauptziel war eine detaillierte Beschreibung von landwirtschaftlichen Produktionsverfahren, wobei nationale monetäre und physische Daten der Offizialstatistik, der wirtschaftlichen Gesamtrechnung und Daten aus Umweltberichtspflichten als Konsistenzrahmen dienen.
Die Berechnungen basieren auf dem Modell RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und Umwelt-Informationssystem für Deutschland), das für die Integration von verschiedenen Datenquellen und zur Konsistenzrechung verwendet wird. Das komplette physische Datenmaterial beschreibt die Produktionsprozesse und die Input-/Output-(I/O)Relationen, einschließlich der Daten intermediärer Produkte wie Futter, Wirtschaftsdünger und Jungtierbestand. Ein Fokus der Analyse liegt auf der Berechnung des Gesamtressourcenverbrauchs und der Emissionen pro Produkteinheit, berechnet auf der Grundlage von physischen und monetären I/O-Tabellen. Für die Analyse landwirtschaftlicher Multi-Input-/ Multi-Output-Produktionssysteme wird die Allokation von Emissionen und Ressourcenansprüchen der Vorleistungen auf Basis monetärer I/O-Relationen vorgenommen. Als Top-Down-Ansatz stellen die UGR eine aggregierte Bewertung auf nationaler Ebene zur Verfügung, die methodische Elemente der Ökobilanzierung enthält, und erlauben auch eine Ausweisung von Produktbelastungen (z. B. „CO_2-Footprints“) im nationalen Durchschnitt.

Literatur

Schmidt TG, Osterburg B (2006) Aufbau des Berichtmoduls 'Landwirtschaft und Umwelt' in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Braunschweig: FAL, Arbeitsber. Bereich Agrarökonomie 2005/06.

Destatis (2008) Umweltnutzung und Wirtschaft. Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

6-10
Nutzung von Mikrodaten zur Ermittlung der THG-Emissionen der deutschen Landwirtschaft

Norbert Röder; Bernhard Osterburg; Thomas, Schmidt
Institut für Ländliche Räume, des Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) Bundesallee 50,
D-38116 Braunschweig, norbert.roeder@vti.bund.de

Die Treibhausgasemissionen (THG) des landwirtschaftlichen Sektors sind durch das Wechselspiel von verfahrenstechnischen, standörtlichen und betrieblichen Faktoren geprägt. Sie werden beispielsweise von der Art der Bodenbearbeitung, Bodenbeschaffenheit und Klima, oder in der Tierhaltung von der Fütterung sowie Stallhaltungs- und Entmistungssystem beeinflusst. Insbesondere wenn die Effektivität und Effizienz von Vermeidungsstrategien beurteilt werden soll, ist es notwendig, diese Interaktionen zu berücksichtigen (Moran et. al, 2008).
Ein Ziel des Projektes „Methodenentwicklung für die Landnutzungsanalyse und zur Abbildung und Bewertung von Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasemissionen im Agrarsektor“ ist es, Methoden zu entwickeln, die die Nutzung von hochaufgelösten Daten zur Agrarstruktur und zur landwirtschaftlichen Landnutzung für die Berechnung von Treibhausgasemissionen (THG) erlauben.
Auf Basis dieser Daten sollen unter anderem die folgenden Fragen geklärt werden:

Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den natürlichen Standortbedingungen, den Produktionsverfahren im Pflanzenbau (z. B. Grünlandnutzung) und der Tierhaltung (z. B. Milchproduktionen), der Agrarstruktur und Landnutzungsänderungen (z. B. Grünlandumbruch oder Nutzungsaufgabe)?

Welche Veränderungen in der Landnutzung sind aufgrund der sich verändernden relativen Konkurrenzkraft einzelner Verfahren und der sich verändernden Wirtschaftlichkeit der Landwirtschaft in Abhängigkeit vom Standort zu erwarten?

Wie hoch sind die mit der Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte verbunden THG-Emissionen in den verschiedenen Regionen Deutschlands?

Wie hoch sind die THG-Vermeidungspotentiale in Abhängigkeit von der Kosteneffizienz der Maßnahmen?

Literatur

Moran D, MacLeod M, Wall E, Eory V, Pajot G, Matthews R, McVittie A, Barnes A, Rees B, Moxey A, Williams A, Smith P (2008) UK Marginal Abatement Cost Curves for the Agriculture and Land Use, Land-Use Change and Forestry Sectors out to 2022, with Qualitative Analysis of Options to 2050. URL:http://www.theccc.org.uk/pdfs/SAC-CCC;%20UK%20MACC%20for%20ALULUCF%20 Final%20Report%202008-11.pdf. Stand: 20.4.2009. 168 S.

6-11
Unvereinbarkeit der Agrarpolitik sowie insbesondere der Düngeverordnung (2007) des BMELV nicht nur mit dem Umwelt- und insbesondere Klimaschutz

Klaus Isermann;
Büro für Nachhaltige Ernährung, Landnutzung und Kultur (BNELK), Heinrich-von-Kleist-Strasse 4
67374 Hanhofen, isermann.bnla@t-online.de

Die Fokussierung nur auf aktiven Klimaschutz sowie Anpassung an den Klimawandel und nur seitens Agrar- und Forstwirtschaft greift zu kurz: **Der Ernährungsbereich von Landwirtschaft, Humanernährung sowie entsprechender Abwasser- und Abfallwirtschaft ist- in zunehmendem Maße auch gemeinsam mit der Biomassen(~energie-)Wirtschaft- die bei Weitem bedeutendste menschliche Aktivität hinsichtlich der Schädigung von Mensch und Umwelt z.B. in der EU-27.** So betragen z.B. in Deutschland auf insgesamt 3-5fach zu hohem Niveau die Anteile des Ernährungsbereiches an: 1. den gesamten Krankheitskosten nur durch Überernährung mit 120 Mrd. €/a = 48%; 2. der Eutrophierung: 80%; 3. der Versauerung: 40%; 4. dem Klimawandel: 26%; 5. der Gefährdung der Biodiversität: 80% mit jeweiligen Anteilen der Massentierhaltung von ca. 80, 70, 90, 70 und 70%. Damit einher geht deren wesentliche Beteilung an 9 von 11 Hauptbedrohungen der Böden sowie Plünderung der P-Vorräte der Lithosphäre. Ausgelöst durch Emissionen an reaktivem C, N, P, S steigern sich Versauerung, Eutrophierung und Klimawandel nicht nur wechselseitig, sondern Klimawandel gar noch sich selbst in solchem Ausmaß, dass anscheinend „sequestrierbarer" jedoch remobilisierbarer C, N, P, S diese Umweltschäden noch verstärken und passive Anpassungsmaßnahmen unmöglich machen. **Somit entzieht sich (auch) der o.e. Ernährungsbereich in paradoxer Weise seine wesentlichsten Existenzgrundlagen. Diese nichtnachhaltige Entwicklung der Nährstoff-Haushalte wurde langjährig im Wesentlichen verursacht und aufrecht erhalten durch das Agrar- und Umweltrecht der EU und des BML/BMVEL/BMELV (u.a. Düngeverordnungen 1996 bis bes. 2007) und entsprechende vorsätzliche Düngefehlberatungen insbesondere hinsichtlich C, N und P sowohl der (Offizial-)Beratung als auch von Forschungsverbänden sowie ausschlaggebenden „Fremdeinwirkungen" (Embert 2008) der Agrar- und Ernährungslobby zur Förderung und Aufrechterhaltung der Massentier-Konsumtion und -Produktion** (u.a. Bauernverband, betreffende Landwirtschaftskammern, ~anstalten, BVE, etc.)[BNELK, BMU, SRU 2008]. – **Doch scheint die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (2002/2008) mit 8 von 21 Indikatorenbereichen zur Nachhaltigen Landnutzung bis 2020 hoffnungsfroh zu stimmen, unterstützt u.a. exemplarisch durch die multimediale N-Emissionsminderungs -strategie des UBA (2008).** Diesbezüglich werden hier von BNELK das angestrebte N-Überschusssaldo von 50 kg /ha LF · a für 2020 der Landwirtschaft (Hoftorbilanz) und deren erforderlichen Rahmenbedingungen ausgewiesen. **Die politische Umsetzung somit nachhaltiger C-,N-,P-,S-Haushalte und somit auch ihre ökonomische Tragfähigkeit für die Landwirtschaft erfolgt im Wesentlichen durch:** 1. Nährstoff-Überschusslenkungsabgaben bzw. –Zuwendungen; 2. Besteuerung von Nahrungsmitteln (u.

Biomasse, ~energie) anstelle von 7% mit 19% in einem 1. Schritt und deren Rückführung in die Landwirtschaft; 3. Dadurch Wegfall sämtlicher Agrarsubventionen (2006:6,4 (D)+6,5(EU) = 12,9) Mrd.€). Das Einsparungspotential vermiedener Krankheiten durch Überernährung von 120 Mrd. €/a sowie Kostenersparnis von somit vermiedenen Umweltschäden ähnlicher Größenordnung erlauben jegliche beliebige Preisgestaltung für Agrarprodukte zugleich mit der Durchsetzung von Quotenregelungen.

6-12
Energiebilanzen von extensiven Anbauverfahren im Vergleich zum ortsüblichen Standardverfahren

Kathrin Deiglmayr, Franz Heimler, Matthias Willms, Maendy Fritz
Technologie- und Förderzentrum (TFZ), Schulgasse 18, 94315 Straubing, E-Mail: kathrin.deiglmayr@tfz.bayern.de

Bei der Produktion von Biogassubstraten liegt die optimale Produktionsintensität aufgrund der veränderten Nutzungsziele möglicherweise niedriger als im Nahrungs- oder Futtermittelbereich. In einem Satellitenversuch des Verbundvorhabens „Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen“ sollte deswegen geprüft werden, inwieweit sich durch extensive Anbauverfahren die Nettoenergie-Erträge erhöhen. Dazu wurde in drei ausgewählten Fruchtfolgen die Produktionsintensität variiert. Im Vergleich zur standortüblichen optimalen Produktionsintensität wurde in Minimierungsvariante 1 die Stickstoffdüngung um 30 kg ha^{-1} je Kultur reduziert. In Minimierungsvariante 2 wurde zusätzlich zur Stickstoffreduktion auf Pflanzenschutzmaßnahmen verzichtet.

Um die Auswirkungen des reduzierten Produktionsmitteleinsatzes auf die Energiebilanz zu untersuchen, wurde die Differenz im Energie-Input und -Output der Minimierungsvarianten zur optimal geführten Variante berechnet. Durch die Reduktion der Stickstoffgabe um 30 kg ha^{-1} ergab sich eine Einsparung im Energie-Input von 1236 MJ ha^{-1} für Düngemittelproduktion und -transport. Insbesondere bei den Ganzpflanzengetreiden, die auf die reduzierte Stickstoffdüngung meist mit deutlichen Ertragseinbußen reagierten, wurden jedoch entsprechend niedrigere Energie-Erträge erzielt. Damit lagen die Nettoenergie-Erträge in der Standardvariante im Allgemeinen höher als in den Minimierungsvarianten. Bei Energiemais und Körnermais wurden im Gegensatz zu Silomais keine Ertragseinbußen in der Minimierungsvariante 1 beobachtet, so dass hier bei geeigneter Sortenwahl eine verringerte Düngeintensität die Energiebilanz verbessern kann.

Der Verzicht auf Pflanzenschutz führte abhängig vom Herbizidaufwand zu Energie-Einsparungen von 113 bis 1246 MJ ha^{-1}. Bei Mais wurden jedoch bei fehlender Unkrautkontrolle im Allgemeinen sehr deutliche Mindererträge beobachtet, so dass sich die Energiebilanz im Vergleich zur optimal geführten Variante gravierend verschlechterte. Hier ist ein Pflanzenschutzmittel-Einsatz aus energetischer Sicht äußerst effektiv ist, da mit geringem Energieaufwand ein hoher Mehrertrag gesichert werden kann. Im Gegensatz dazu zeigte Ganzpflanzengetreide nur sehr geringe Ertragseinbußen beim Verzicht auf Pflanzenschutz. Damit konnten im Mittel die geringeren Energie-Erträge durch die Einsparungen im Energie-Input ausgeglichen werden.

6-13
Einfluss der landwirtschaftlichen Erzeugung auf die CO_2e-Bilanz eines Brotes – Dargestellt am Beispiel Märkisches Landbrot

Autoren: Sebastian Gollnow (Universität Hohenheim) und Jens Pape (FH Eberswalde);
Anschrift Erstautor/in: Universität Hohenheim, Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre (410b),
70593 Stuttgart, s.gollnow@uni-hohenheim.de

Vor dem Hintergrund der Klimadebatte nimmt das Interesse von Unternehmen klimafreundlich zu handeln zu. Die Ernährung verursacht in Deutschland etwa 16% der Treibhausgas Emissionen pro Kopf (ifeu2008). Das Ergebnis der produktbezogenen THG-Bilanz, auch CO_2-Fussabdruck oder im englischen Sprachgebrauch „Product Carbon Footprint“ (PCF) genannt, ist ein Maß zur Erfassung aller THG-Emissionen die im Lebenszyklus eines Produktes anfallen und ist damit ein geeignetes Instrument um die Klimawirkung eines Produktes zu bestimmen, zu bewerten und zu kommunizieren. Die derzeit diskutierten Ansätze folgen dabei methodisch der Ökobilanzierung nach ISO 14040 und ISO 14044 (vgl. Klöpfer und Grahl 2009).

Im Rahmen einer Bachelorarbeit an der FH Eberswalde (Gollnow 2008) wurde in Kooperation mit der Demeter-Bäckerei Märkisches Landbrot (Berlin), die seit 1995 nach der EMAS-Verordnung validiert und als Unternehmen bemüht ist, eine proaktive und transparente betriebliche Umweltpolitik zu betreiben, ein PCF eines Sonnenblumenbrotes erstellt.

Zum Vergleich der Ergebnisse des nach ökologischer Wirtschaftsweise produzierten Produktes, wurden zusätzlich zwei konventionelle Produktionsverfahren definiert und berechnet. Die Daten und Berechnungen der konventionellen Verfahren (Standort, Ertrag und Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln) wurden auf Basis von Literaturdaten berechnet (Hauptquelle: KTBL 2006 und LVLF 2008); das ökologische Produktionsverfahren wurde auf Grundlage von Erhebungen der Zuliefererbetriebe berechnet.

Die Ergebnisse zeigen, dass flächenbezogen der Ökolandbau deutlich geringere Treibhausgasemissionen (CO_2-e) als die konventionellen Vergleichsverfahren verursacht. Die geringeren Erträge der ökologischen Wirtschaftsweise führen produktbezogen allerdings zu ähnlichen bzw. höheren THG-Emissionen. Die düngungsinduzierten Emissionen verursachen etwa zwei Drittel der gesamten THG-Emissionen während auf den Dieselverbrauch etwa ein Viertel zurückgehen.

Die ökologische Erzeugung der Rohstoffe eines Brotes verursacht Treibhausgasemissionen in Höhe von 363 g CO_2-e; die konventionelle Bewirtschaftung hingegen bei Einsatz von (i) organischer und mineralischer Düngung bzw. (ii) ausschließlich mineralischer Düngung Emissionen in Höhe von 307 bzw. 428 g CO_2-e. Die landwirtschaftliche Erzeugung verursacht dabei zwischen 40 und 50% der gesamt THG Emissionen eines Brotes.

Literatur

Gollnow, S. (2008): Einfluss der landwirtschaftlichen Erzeugung auf die CO_2-Bilanz eines Brotes – Dargestellt am Beispiel Märkisches Landbrote. BSc-Arbeit, FH-Eberswalde

IFEU (2008): Die Persönliche CO_2 Bilanz, Essen eine Klimasünde: Verbraucherpolitisches Forum am 24.01.2008

Klöpfer, W. Grahl, B. (2009): Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Verlag: Wiley-Vch. Weinheim

KTBL (2006): Betriebsplanung Landwirtschaft. Datensammlung mit Kalkulationsprogramm. KTBL Darmstadt

LVLF (2005): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg. 4. überarbeitete Auflage LVLF.

6-14
Einflussfaktoren auf die Klimarelevanz der Lebensmittelbereitstellung

Daniela, Thomae MSc; Prof. Dr.-Ing. Elmar, Schlich;
Anschrift Erstautor/in: Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben, Stephanstr. 24, D- 35 390 Gießen, daniela.thomae@ernaehrung.uni-giessen.de

Heute ist bekannt, dass lokal erzeugte Lebensmittel nicht zwangsläufig eine geringere Klimawirkung haben als globale Lebensmittel. Die Beurteilung bedarf einer Einzelfallbetrachtung in Form einer Ökobilanz (DIN EN ISO 14040ff). Kleine Betriebsformen können, bei mangelnder Effizienz einzelner Prozessstufen, eine ungünstige Bilanz aufweisen. Dies betrifft insbesondere die energieintensiven Prozesse, wie z.B. die Transporte (Fleissner, 2001; Koerber, 2008). Ebenfalls von Bedeutung sind saisonale Effekte, die z.B. eine energieintensive Lagerung erwirken (Milà i Canals, 2007) oder Treibhäuser erfordern (Jungbluth, 2007). Darüber hinaus spielt die Managementform eine Rolle, so zeigen z.B. Ergebnisse von Krause und Hardtert 2008, dass extensive Rinderhaltung weniger Energie für die Aufzucht benötigt als intensive Haltung (Hardtert, 2008; Krause, 2008; Haas et al., 2001).

In der Arbeitsgruppe durchgeführte Studien zur energetischen Bewertung der Bereitstellung von Lebensmittel zeigen wiederholt, dass der spezifische Energieumsatz bei der Lebensmittelherstellung in negativem Zusammenhang mit der Betriebsgröße steht (Fleissner, 2001; Hardtert, 2008; Krause, 2008; Schlich, 2008a; Schröder, 2007). Diese hyperbolische Korrelation von Betriebsgröße und Energieumsatz wird 2004 von Schlich mit dem Begriff der „Ecology of Scale“ bezeichnet (Schlich, 2004). Der ermittelte spezifische energiebedingte CO_2-Ausstoß über die Bereitstellungskette hängt danach ebenfalls überwiegend von der Betriebsgröße, nicht aber von der reinen Transportentfernung ab (Schlich, 2008b).

Zur vollständigen Erfassung des „Carbon Footprints“ der untersuchten Lebensmittelketten sind weitere klimarelevante Gase einzubeziehen. Dabei spielt für Lebensmittel, die aus oder durch Wiederkäuern gewonnen werden, Methan (CH_4) eine wichtige Rolle, dieses Gas ist auch beim Abfallmanagement bedeutsam. Darüber hinaus ist Lachgas (N_2O) als Treibhausgas relevant. Bodenbakterien verstoffwechseln Ammoniak, Urea und Ammoniumnitrat als Bestandteile von Exkrementen und setzen dabei N_2O frei. Genauso sind HFCs beim Einsatz von Kühlflüssigkeit zu beachten. (IPCC, 2007) In der bestehenden Diskussion wird deutlich, dass das Ergebnis eines „Carbon Footprints“ von vielen Einzelaspekten beeinflusst wird. Grundlegend ist die Wahl der technischen und temporalen Systemgrenzen, wobei bei der Entscheidung über den technischen Endpunkt der Bereitstellungskette der Anteil des Endverbrauchers als Produktkäufer und –nutzer eine Herausforderung darstellt, aber auch die temporale Systemgrenze, über die der Ein- bzw. Ausschluss von Saisoneffekten erfolgt.

Literatur

Fleissner U (2002) Energetische Bewertung der Bereitstellung ausgewählter regionaler und überregionaler Lebensmittel. Aachen: Shaker 2002. Zugleich: Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen 2002.

Haas G, Wetterich F, Köpke U (2001): Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. Agriculture, Ecosystems and Environment 83, 2001, pp. 43-53.

Hardtert B (2008) Energetische Bewertung ausgewählter lokaler Lebensmittel am Beispiel dreier Fleischarten. Göttingen: Cuvillier 2008. Zugleich: Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen 2008.

IPCC (2008) Klimawandel Sachstandsbericht. Berlin: Deutsche IPCC Koordinationsstellt. Sept. 2008.

Jungbluth N (2007) Bilanzierung von Nahrungsmitteln, Orientierung für VerbraucherInnen? Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis. 16, 3, Dez. 2007, pp. 61-69.

Koerber K (2008) Globale Ernährungsgewohnheiten und -trends. Externe Expertise für das WBGUHauptgutachten. Berlin 2008 http://www.wbgu.de/wbgu_jg2008_ex10.pdf (30.04.2009)

Krause F (2008) Energetische Bewertung verschiedener Prozessketten am Beispiel Rindfleisch. Göttingen: Cuvillier 2008. Zugleich: Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen 2008.

Milà i Canals, L (2007) Comparing Domestic versus Imported Apples: A Focus on Energy Use. Env Sci Pollut Res 14, 5, pp. 338-344.

Schlich E (Hrsg.): Äpfel aus deutschen Landen. Endenergieumsätze bei Produktion und Distribution. Mit Beiträgen von Elmar Schlich, Linda Bergenthum, Susanne Abe und Juliane Dolberg. Göttingen, Cuvillier 2008.

Schlich E, Hardtert B, Krause F (2008) Beef of local and global provenience: A comparision in terms of energy, CO_2, scale and farm management. InLCA 2008. http://www.art.admin.ch/themen/00617/01078/01152/index.html?lang=en (05.05.2009)

Schlich E, Schlich M (2004) The Ecology of Scale: Further Examples and Comments. InLCA 2004. http://www.lcacenter.org/InLCA2004/scale.html (05.05.2009)

Schröder S (2007) Vergleichende Energiebilanzierung der regionalen und überregionalen Produktion von Wein und Äpfeln. Göttingen: Cuvillier 2007. Zugleich: Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen 2007.

6-15
Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft -CO_2-Fooprints: potentials and pitfalls-

Sabrina Hachenberg, Gerhard Flachowsky und Sven Dänicke
Friedrich-Loeffler Institut, Bundesinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierernährung, Bundesalle 50, 38116 Braunschweig; sabrina.hachenberg@fli.bund.de

Nach Einschätzung der Welternährungsorganisation (FAO, Steinfeld et al., 2006) wird sich der weltweite Verbrauch von Lebensmitteln tierischer Herkunft bis zum Jahr 2050 annähernd verdoppeln (z.B. Fleisch: ca. 203%; Milch: ca. 180%). Diese Entwicklung stellt gewaltige Anforderungen sowohl an eine effiziente Nutzung begrenzt verfügbarer Ressourcen, wie fossile Energie, Fläche, Wasser und Phosphor, als auch an eine Reduzierung klimarelevanter Emissionen. Gegenwärtig wird die globale Treibhausgasemission auf etwa 41 Mrd. t CO_2-Äquivalente ($CO_{2Äq}$) geschätzt, auf die Landwirtschaft sollen etwa 32% entfallen, 18% davon stammen aus der Tierproduktion. Um die Umweltwirkung der Produktion von Lebensmitteln zu quantifizieren, wird gegenwärtig versucht sog. CO_2-Footprints abzuleiten, mit dem Ziel eine vergleichende Bewertung verschiedener Produkte hinsichtlich ihrer Klimarelevanz zu ermöglichen. Dabei werden die CO_2-Äquivalenzwerte auf der Basis der Emissionen entlang der Nahrungskette und unter Berücksichtigung des Treibhaus-Potentials der Emissionen (CO_2 x 1Äq, CH_4 x ≈23Äq, N_2O x ≈300Äq) kalkuliert. Die derzeit dokumentierten Daten für CO_2-Footprints variieren zwischen 7,0-36,4 für Rind- bzw. 2-7 $CO_{2Äq}$/kg Schlachttierkörpermasse für Geflügel/Schweinefleisch. CO_2-Footprints pro kg Milch werden zwischen 0,4-1,5 kg $CO_{2Äq}$ angegeben. In Abhängigkeit der Vielzahl möglicher Einflussfaktoren, überrascht die Genauigkeit der angegebenen Werte.
Gegenwärtig ist die Datenbasis zur Ableitung von CO_2-Footprints jedoch lückenhaft, so dass eine Kennzeichnung der Lebensmittel mit CO_2-Labels als verfrüht erscheint und rasch zu falschen Schlussfolgerungen führen kann. Bevor eine belastungsfähige Aussage möglich ist, müssen folgende Komplexe klar definiert sein:

- Einheitliches methodisches Vorgehen (Festlegung der Systemgrenzen)
- Klare Bezugsbasen (z.B. Essbares Protein, Schlachttierkörpermasse)
- Bessere Quantifizierung der Austräge entlang der Nahrungskette (vor allem
- Lachgas, Mischfutterbereitung)
- Berücksichtigung von Reduzierungspotentiale

Die Komplexität der Bewertung von Lebensmitteln, erfordert dabei eine interdisziplinäre Zusammenarbeit, der entlang der Nahrungskette arbeitenden Fachrichtungen.

Literatur

Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C (2006) Livestock's long shadow. Environmental issues and options. Food and Agriculture Organsiation of the United Nations (FAO), Rom. http://www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/A0701E00.pdf.

6-16
LCA-Fallstudien zur Ökobilanzierung von Lebensmitteln: hoher Aufwand, niedrige Trennschärfe, zweifelhafter Nutzen

Dipl.-Ing. Axel Rathjen
Max Rubner-Institut (MRI), Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik (LBV),
Haid-und-Neu-Straße 9, 76131 Karlsruhe, axel.rathjen@mri.bund.de

In der Kostenstruktur des Lebensmittel produzierenden Gewerbes fallen die Ausgaben für Energie mit 2,2 % des Bruttowerts kaum ins Gewicht (BMELV, 2008). Steigende Energiepreise allein stellen daher noch keinen Anreiz zur Senkung des Energieverbrauchs und damit zur Vermeidung von CO_2-Emissionen dar. In dem Bemühen, die Produkte sowohl für die Kunden attraktiv als auch wirtschaftlich konkurrenzfähig zu gestalten, findet auf allen Stufen der Prozesskette bei der Wahl der Rohstoffe sowie der Verarbeitungsmethoden stets eine Abwägung zwischen unterschiedlichen Zielgrößen statt. Die Entscheidung fällt zugunsten derjenigen Bezugsquelle bzw. Verfahrensvariante, die zu gleichen oder niedrigeren Gesamtkosten eine mindestens gleich hohe Verbraucherakzeptanz verspricht.

Daraus folgt, dass die Energiemenge, die unter den gewählten Bedingungen zur Herstellung eines Zwischen- oder Fertigprodukts benötigt wird, erst dann in diese Abwägung einbezogen würde, wenn die aufgewandte Energie dem jeweiligen Produkt so zugeordnet werden müsste wie die Menge eines technologisch notwendigen, aber unerwünschten Hilfs- oder Zusatzstoffs bzw. des Rückstands eines zugelassenen Pflanzenschutzmittels.

Die Aussagekraft von Fallstudien, in denen externe Fachleute exemplarisch die Lebenswege bestimmter, ausgewählter Produkte unter Berücksichtigung sämtlicher Glieder der Prozesskette betrachten (*Life Cycle Assessment*, LCA) leidet prinzipiell an der begrenzten Zugänglichkeit wichtiger Prozessdaten und der Ungewissheit der ersatzweise an ihre Stelle tretenden Schätzungen. Selbst aus zuverlässigen Quellen stammende und deshalb nicht weiter hinterfragte Daten zu Grundnahrungsmitteln wie Weizenmehl oder Zucker (Wiegmann et al., 2005) basieren i.d.R. auf Datensätzen von weniger als fünf Einträgen, deren Ursprungsquellen nicht nur stark differieren, sondern teilweise schon viele Jahre alt sind.

Der Posterbeitrag verdeutlicht die Problematik dieser Methode und liefert Argumente für die Einführung einer modifizierten Vorgehensweise, bei der die in den meisten Firmen implementierten Qualitätsmanagement-Systeme für eine Strategie zur Minimierung des Energieeinsatzes bei der Herstellung von Lebensmitteln genutzt werden könnten.

Literatur

BMELV (2008) Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Tabelle 329

Wiegmann K, Eberle U, Fritsche U R, Hünecke K (2005) Datendokumentation zum Diskussionspapier Nr. 7 "Umweltauswirkungen von Ernährung - Stoffstromanalysen und Szenarien"

6-17
Nationale Verzehrsstudie II: Ernährungsverhalten bezüglich klimawirksamer Faktoren

Marianne Eisinger-Watzl, Thorsten Heuer, Friederike Wittig, Ingrid Hoffmann
Max Rubner-Institut, Institut für Ernährungsverhalten, Haid-und-Neu-Str. 9 76131 Karlsruhe
marianne.eisinger-watzl@mri.bund.de

Verschiedenen Studien zufolge ist das Bedürfnisfeld Ernährung für etwa ein Fünftel der Emissionen klimawirksamer Gase verantwortlich. Bedeutende Faktoren für die Klimawirksamkeit der Ernährung stellen u.a. der Verzehr von Lebensmitteln tierischer Herkunft sowie die Erzeugungsweise von Lebensmitteln (konventionelle versus ökologische Erzeugung) dar. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage nach dem Ernährungsverhalten der in Deutschland lebenden Bevölkerung in Bezug klimawirksamer Faktoren.

Für das Ernährungsverhalten liefert die Nationale Verzehrsstudie II als bundesweite Ernährungserhebung repräsentative Basisdaten. Etwa 20 000 Teilnehmer im Alter zwischen 14 und 80 Jahren wurden von November 2005 bis Dezember 2006 zum Ernährungs- und Gesundheitsverhalten befragt. Von 15 371 Personen liegen Daten über den Lebensmittelverzehr vor. Das Kaufverhalten in Bezug auf Bio-Produkte konnte von 14 291 Personen ausgewertet werden.

Generell ist der durchschnittliche Verzehr an Fleisch, Wurstwaren und Fleischerzeugnissen, gemessen an den DGE-Empfehlungen zum Lebensmittelverzehr, deutlich zu hoch. Der Verzehr pflanzlicher Lebensmittel (z. B. Gemüse, Obst, Brot, Nudeln) liegt dagegen unter den entsprechenden Empfehlungen. Der Verzehr von Fleisch, Wurstwaren und Fleischerzeugnissen liegt bei Männern mit 103 g/ Tag etwa doppelt so hoch wie bei den Frauen mit 53 g/Tag. Den höchsten Konsum von 120 g pro Tag weisen junge Männer im Alter von 19 - 24 Jahren auf. Als Vegetarier dagegen bezeichnen sich 1,6 % der Befragten. Der Anteil der Frauen ist hier mit 2,2 % im Gegensatz zu den Männern mit 1,0 % mehr als doppelt so hoch. Etwa 40 % der Teilnehmenden geben an Bio-Lebensmittel zu kaufen. Allerdings gibt es deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Lebensmittelgruppen. Der Anteil von Frauen bei den Biokäufern ist größer als der der Männer. Nach wie vor zeigt der Kauf von Bio-Produkten eine Abhängigkeit vom Einkommen und Bildungsstand, indem mit steigendem Einkommen und höherem Schulabschluss mehr Bio-Lebensmittel gekauft werden. Trotzdem gaben bis zu 30 % der Teilnehmer mit einem monatlichen Haushaltseinkommen von unter 750 € an, Bio- Lebensmittel zu kaufen.

Die Ergebnisse der NVS II ermöglichen eine zielgruppen-, gender- und lebensstilspezifische Charakterisierung der deutschsprachigen Bevölkerung mit unterschiedlichem Ernährungsverhalten in Bezug auf die Klimawirksamkeit. Dies erlaubt es, Potenziale für eine klimaschonende Ernährung zu identifizieren und differenziertere Handlungsempfehlungen abzuleiten.

6-18
Lebensmittelkosten bei Klima schonenden Ernährungsweisen im Vergleich zur üblichen Ernährung

Eva Mertens, Kristina Foterek, Katja Schneider, Erika Claupein, Achim Spiller, Ingrid Hoffmann;
Professur für Ernährungsökologie, Institut für Ernährungswissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen, Wilhelmstraße 20, 35392 Gießen, Eva.Mertens@ernaehrung.uni-giessen.de

Ernährungsweisen mit einem hohen Anteil pflanzlicher und gering verarbeiteter Lebensmittel werden nicht nur aus gesundheitlicher, sondern auch aus ökologischer Sicht empfohlen. So sind sie beispielsweise mit einer geringeren Emission an klimawirksamen Gasen verbunden. Im Rahmen der Diskussion um die Akzeptanz von solchen Ernährungsweisen stellt sich die Frage, wie hoch die Lebensmittelkosten einer Klima schonenden und gesunden Ernährung sind. Dazu wurden die Lebensmittelkosten von drei tatsächlich praktizierten Ernährungsweisen mit unterschiedlichem Fleischanteil und Verarbeitungsgrad verglichen, bei denen bereits die ökologischen und gesundheitlichen Wirkungen untersucht worden waren: eine ovo-lacto-vegetarische, eine pflanzenbetonte mit geringem Fleischanteil und eine in Deutschland übliche Ernährungsweise.

Es wurden Verzehrsdaten von 25-65-jährigen Frauen (111 ovo-lacto-vegetarische (OLV) und 132 nicht-vegetarische Vollwertköstlerinnen (NVEG) sowie 175 Mischköstlerinnen (MK)) der „Gießener Vollwert-Ernährungs-Studie“ herangezogen. Der Verzehr wurde in verbrauchte Mengen umgerechnet und mit Preisen aus der Studie „Kalkulation der Kosten für die Ernährung im privaten Haushalt“ bewertet. Es wurde ein Vergleich der Ernährungsweisen vorgenommen ohne die Möglichkeit der Kostenminimierung zu berücksichtigen.

Die monatlichen Lebensmittelkosten der OLV lagen mit 215,03 € etwa 20 % unter denen der MK (259,07 €). Die NVEG lagen mit 237,62 € dazwischen und gaben etwa 11 % mehr aus als die OLV. Dies ist auf quantitative und qualitative Unterschiede bei der Lebensmittelauswahl zurückzuführen. Quantitative Unterschiede finden sich aufgrund der verbrauchten Mengen bei pflanzlichen (OLV>NVEG>MK) und tierischen (MK>NVEG>OLV) Lebensmitteln. Qualitative Unterschiede zeigen sich u.a. bei den Getränken: Obwohl der absolute Verbrauch etwa gleich war, gaben die MK aufgrund ihrer Getränkeauswahl deutlich mehr aus als die OLV und NVEG, bei denen keine signifikanten Unterschiede bestehen.

Der vorliegende Vergleich zeigt: Je höher der Anteil pflanzlicher Lebensmittel und je geringer der Verarbeitungsgrad einer Ernährungsweise, umso niedriger sind die Lebensmittelkosten. Entgegen der oft vorgebrachten These, dass Klimaschutz teuer sei, sind die Klima schonenden und gleichzeitig gesunden Ernährungsweisen mit geringeren Lebensmittelkosten verbunden als eine in Deutschland übliche Ernährung.

6-19
Nachfrage und Kennzeichnung klimafreundlich erzeugter Lebensmittel in Deutschland

Henseleit, Meike
Institut für Agrarpolitik und Marktforschung der Justus-Liebig Universität Gießen, Senckenbergstraße 3, 35390 Gießen, meike.henseleit@agrar.uni-giessen.de

Wie viel Emissionen ein Produkt in der Herstellung verursacht, lässt sich für Konsumenten in Deutschland bislang nur erraten. Anerkannte CO_2–Label fehlen, klimabewusste Kaufentscheidungen werden dadurch erschwert (Rat für Nachhaltige Entwicklung, 2008). In einigen Ländern wie etwa in der Schweiz oder in Großbritannien sind bereits vereinzelt Produkte mit CO_2-Labeln, sogenannten Carbon Footprints, zu finden. Auf diesen Kennzeichen ist angegeben, wie viel Gramm CO_2-Equivalent pro 100 Gramm Produkt ausgestoßen werden. Konsumenten können sich so über die die möglichen Auswirkungen des Produkts auf das Klima informieren, eine bewusste Kaufentscheidung treffen und gegebenenfalls eine Produktalternative mit weniger Emissionen wählen.

Bislang fehlen jedoch Beobachtungen bezüglich des Kaufverhaltens von Konsumenten hinsichtlich des Carbon Footprint von Lebensmitteln, da die Kennzeichnungen erst seit relativ kurzer Zeit und auf nur wenigen Produkten zu finden sind. Um einen ersten Eindruck davon zu gewinnen, wie deutsche Verbraucher auf eine entsprechende Kennzeichnung reagieren könnten, ob und in welcher Form eine solche Kennzeichnung gewünscht wird und wie eine mögliche Zahlungsbereitschaft für Produkte mit reduzierten Emissionen ausfallen könnte, wurde im Rahmen einer Lehrveranstaltung am Institut für Agrarpolitik und Marktforschung der Universität Gießen eine Konsumentenbefragung vorbereitet und durchgeführt. Dabei wurden im Dezember 2008 in der Gießener Innenstadt 154 Personen persönlich anhand eines standardisierten Fragebogens bezüglich ihrer Einstellung gegenüber Klimaschutz, ihrer Präferenzen für eine Angabe des Carbon Footprints und ihrer Zahlungsbereitschaft für einen Liter Milch mit 30% verminderten klimaschädigenden Emissionen gegenüber normaler Milch befragt.

Die Ergebnisse der Befragung lassen darauf schließen, dass weite Teile der Bevölkerung ein CO_2–Label auf Lebensmittel befürworten würden, ein solches Kennzeichen jedoch von entsprechenden Informationskampagnen begleitet werden müsste. Des Weiteren deuten die bekundeten Zahlungsbereitschaften für die mit weniger Emissionen erzeugte Milch darauf hin, dass Konsumenten in nicht unerheblichem Maß bereit sind, klimafreundlichere Produktionstechnologien im Lebensmittelbereich zu honorieren.

Literatur

Rat für Nachhaltige Entwicklung (2008) Product Carbon Footprint: Klima-Label für Deutschland in Sicht? News Nachhaltigkeit, 24.04.2008 http://www.nachhaltigkeitsrat.de/index.php?id=3530

Index der Autoren

A

Abiy, Mengistu 22
Adelmann, W. 116
Adelmann, Wolfram 26
Aenis, Thomas 82
Ahrends, Bernd 76
Altensen, Reinhold 195
Ament, Felix 130
Amon, Barbara 198
Anders, Kenneth 82
Anter, Jano 145
Asche, Norbert 71
Augustin, Jürgen 26, 114, 116, 118

B

Bachmann, Martin 89
Badani-Dehmer, Ana-Gloria 149
Balasus, Antje 184
Balko, Christiane 147
Bartelmann, Anne 149
Bärwolff, Manuela 180
Bauböck, Roland 172
Bauhus, Jürgen 93
Bauwe, Andreas 85
Beck, Wolfgang 75
Beetz, Sascha 119
Berger, Thomas 173
Bergmann, L. 116
Bergmann, Lindsey 26
Bernacki, Zdzislaw 65
Bernreuther, Matthias 57
Beyer, M. 116
Beyer, Madlen 26, 118
Beylich, Annecke 98
Biberacher, Markus 190
Biertümpfel, Andrea 176, 180
Böcher, Michael 92
Böhmer, Jörg 171
Bollwein, Heinrich 167
Bolte, Andreas 46, 76
Bormuth, Claus 13
Bosselmann, Andreas 43
Böttcher, Joachim 135
Brauckmann, Hans-Jörg 190
Breves, Gerhard 163
Broll, Gabriele 190
Brucker, Ulrike 93
Brügemann, Kerstin 161
Bulich, Carl 153
Burmester, Nina 163
Buttlar von, Christine 172

C

Calisici, Oguz 167
Caspari, Thomas 81
Chojnicki, Bogdan 118
Christen, O. 196
Claupein, Erika 41, 211
Conrad, Michael 176
Conraths, F.J. 54
Criegee, Christian 85
Czajkowski, Tomasz 76

D

Damhofer, B. 181
Dämmgen, Ulrich 155, 157
Dänicke, S. 54
Dänicke, Sven 164, 208
Dechow, Rene 125
Degen, Bernd 46
Deiglmayr, Kathrin 203
Demeler, J. 168
Deumlich, Detlef 111
Dieter, Matthias 22
Dittrich 114
Döhler, Helmut 35
Dohrenbusch, Achim 65
Dölger, Detlev 50
Don, Axel 110

Drastig, Katrin 146
Dressler, Daniela 172
Dreves, Alexander 107
Drösler, M. 116
Drösler, Matthias 26, 114
Dunger, Karsten 64
Düwel, Olaf 99

E

Eberhardinger, Alexander 174
Eckelmann, Wolf 97
Eder, B. 181
Eder, J. 181
Edom, Frank 114
Ehrig, Bärbel 118
Eisinger-Watzl, Marianne 210
Elsasser, Peter 82
Ende, Hans-Peter 82
Enders Gerhard 77
Enders, Gerhard 78, 79
Erasmi, Stefan 65
Eschenbach, Annette 130

F

Falk, Wolfgang 88, 101
Fiedler, Merike 158
Fiedler, Sabine 114, 122
Fiencke, Claudia 124
Flachowsky, Gerhard 208
Flessa, Heinz 10, 100, 104, 107, 126, 128
Förster, C. 116
Förster, Christoph 26
Foterek, Kristina 211
Frank, H. 196
Franko, Uwe 109
Freibauer, Annette 26, 100, 112, 113, 114, 116, 117, 125
Freyer, Bernhard 198
Friedel, Jürgen K. 198
Frieden, Dorian 188
Frischbier, Nico 68, 87
Fritz, Maendy 203
Frühwald, Arno 22, 25
Funk, Roger 111

G

Gans, Wolfgang 183
Gasche, Rainer 82
Gauly, Matthias 162
Geibler von, Justus 69
Gemballa, Rainer 86
Gensior, Andreas 26, 100, 112, 113, 114
Gerold, Gerhard 65
Giani, Luise 105
Giebels, M. 116
Giebels, Michael 26, 118
Giesemann, Anette 147
Glaser, Bruno 28
Glatzel, Stephan 85, 114, 119
Gödeke, Katja 175
Gollnow, Sebastian 204
Graf, Wolfgang 108
Greef, Jörg Michael 138, 139
Grigoryan, Gayane 70
Grünhage, Ludger 129
Guckland, Anja 104
Guericke, Martin 84

H

Habekuß, Antje 142
Hachenberg, Sabrina 32, 208
Hackauf, Bernd 52
Haenel, Hans-Dieter 112, 113, 155, 157
Hahn, M. 116
Hahn, Maria 26
Hasch, Bernhard 120
Heiermann, Monika 146
Heimler, Franz 203
Heinrich, Uwe 82
Helfrich, Mirjam 107
Hellebrand, Hans Jürgen 184
Henseleit, Meike 212
Herbst, Friedhelm 183
Heuer, Thorsten 210
Hirschfeld, Jesko 189
Hochberg, Hans 175

Hoffmann, Ingrid 210, 211
Holzhausen, C. 168
Höper, H. 116
Höper, Heinrich 26, 114
Hübner, M. 150
Hübner, Rico 191
Hülsbergen, K.-J. 181
Hülsbergen, Kurt-Jürgen 196, 198
Hüther, Liane 164

I

Isermann, Klaus 201
Isermeyer, Folkhard 60
Isselstein, Johannes 165, 166

J

Jäger, N. 128
Jenssen, Martin 82
Jochheim, Hubert 67, 82
Juergens, Monique 142
Jungkunst, Hermann 65
Juroszek, Peter 137, 140
Juszczak, Radoslaw 118

K

Kallweit, Reinhard 102
Kammann, Claudia 129
Kantelhardt, J. 116
Kantelhardt, Jochen 26, 191, 193
Karg, Jerzy 65
Karpenstein-Machan, Marianne 172
Kasper, Martina 198
Kätzel, Ralf 65
Kaufmann, Carolin 98
Kehlenbeck, Hella 143
Kenter, Bernhard 22
Kern, Jürgen 184
Klauss, Hilde 146
Klenke, Reinhard 82
Klingenfuß, Christian 120
Klotsche, Michael 132
Knoke, Thomas 48
Koch, H.-J. 139
Köhl, Michael 22
Köhler, Raul 22
Kolbe, Hartmut 109
Kölling, Christian 88, 89
König, Sven 161
Konnert, Monika 89
Köpke, U. 196
Korzynski, Ignacy 65
Köthke, Margret 22
Koyro, Hans-Werner 129
Kratzer, Raffael 93
Kraus, Gerd 57
Kriebitzsch, Wolf-Ulrich 72, 75
Krott, Max 92
Kruse, Sandra 185
Küchenmeister, Frank 165
Küchenmeister, Kai 166
Kücke, M. 139

L

Laggner, Andreas 112, 113
Lebzien, Peter 32
Leitholdt, Eva 118
Lennartz, Bernd 85
Liebersbach, H. 116
Liebersbach, Horst 26
Liesebach, Mirko 73, 74, 75
Liess, Ekkehard 109
Lin, Han 173
Loewen, Achim 172
Lohölter, Malte 164
Ludwig, Bernard 107
Lütke Entrup, Stefan 153

M

Makeschin, Franz 22, 98
Manderscheid, Remy 164
Manthey, Michael 85
March, Tim 151
Märländer, B. 139
Marquardt, Christian 83
Mathews, Jeanette 98
Mazur, Andrzje 65

Mellec le, Anne 65
Mertens, Eva 211
Meyer, Ulrich 32, 164
Michel, Alexa 83
Miedaner, T. 150
Mikutta, Robert 107
Minke, M. 116
Minke, Merten 26, 118
Möhring, Bernhard 91
Möller, Katrin 65
Müller, Christoph 129
Müller, Hans-Joachim 158
Müller, Jürgen 75
Müller, Torsten 122
Munch, Jean Charles 108
Mund, Martina 68

N

Natkhin, Marco 82
Nehring, Arlett 177
Nieder, Rolf 30
Niemann, H. 54
Niemann, Heiner 32

O

Oehmichen, Katja 64
Olejnik, Janusz 118
Olschofsky, Konstantin 22
Ordon, Frank 142
Osterburg, Bernhard 39, 199, 200

P

Palmer, Iris 122
Pape, Jens 204
Papst, C. 181
Park, Mi Sun 94
Pena, Naomi 188
Permien, Thorsten 15
Peter, J. 196
Petschow, U. 116
Petschow, Ulrich 26
Pfab, Helena 122
Pfeiffer, E.-M. 130
Pfeiffer, Eva-Maria 124
Pickard, Ian 9
Pillen, Klaus 151
Plagge, J. 196
Plöchl, Matthias 146
Potthoff, Martin 160
Prenzel, Jürgen 104
Pretzsch, Hans 22, 114
Prochnow, Annette 146
Profft, Ingolf 68, 87
Puhlmann, Martina 67

R

Rahmann, G. 196
Ramke, H.-G. 139
Ratering, Stefan 129
Rathjen, Axel 209
Rau, Hans-Martin 74
Reichenstein, Markus 108
Reif, Albert 93
Reinhardt, Annett 65
Rennenberg, Heinz 65
Reth, Sascha 108
Richarts, Fritz 195
Richmann, Agnes 152
Richter, Viola 138
Riedel, Christine 142
Riek, Winfried 102
Rillig, M.C. 139
Rinklebe, Jörg 98
Röder, Norbert 200
Roloff, Andreas 65
Rösemann, Claus 112, 113, 155, 157
Rötzer, Thomas 22, 114
Roux, Steffen 52
Ruge-Wehling, Brigitte 52
Ruser, Reiner 122
Russow, Rolf 127
Rüter, Sebastian 22, 23
Ryan, Mark 129

S

Sailer, Wolfgang 19

Samson-Himmelstjerna von, G. 168
Sanker, Christine 162
Sauer, Tilmann 70
Schägner, P. 116
Schägner, Phillip 26
Schaller, Lena 26, 116, 193
Scharnweber, Tobias 85
Schlich, Elmar 206
Schliephake, Edgar 142
Schlitt, R. 139
Schlitt, Rainer 195
Schmid, H. 181
Schmidt, Thomas 200
Schmidt, Thomas G. 199
Schmiedinger, Andreas 89, 93
Schmitt, Uwe 75
Schneck, Volker 74
Schneider, Katja 211
Scholten, Thomas 110
Scholz, Margret 52
Scholz, Volkhard 184
Schrader, Gritta 143
Schrader, L. 54
Schröder, Bernd 163
Schröder, Christian 85
Schröder, Jens 83
Schröder, Thomas 143
Schubert, Alfred 101
Schubert, Jörg 142
Schüler, Gebhard 81
Schulz, Christoph 101
Schulz, Rainer 71
Schulze, Ernst-Detlef 110
Schwitzgebel, Frank 64
Seddig, Sylvia 149
Seidel, Petra 141
Sell, Anne 57
Sellmann, Jörg 141
Serba, Tomasz 118
Siebner, Clemens 99, 100, 112, 113
Siebold, Magdalena 140
Sikora, Dominika 172
Slowik, Jolanta 65
Sommer, M. 116
Sommer, Michael 26, 111, 114, 118
Spathelf, Peter 84
Spiller, Achim 211
Spohn, Marie 105
Stackelberg von, Burkhard 132
Stange, Florian 127, 183
Staupendahl, Kai 91
Stonner, Roger 152
Storch, Sabine 92
Strauß, Christoph 177
Stümer, Wolfgang 64

T

Teufel, Jennifer 38
Thiel, Enrico 109
Thieme, Ramona 142
Thies, Carsten 65
Thomae, Daniela 206
Tiedemann von, Andreas 140
Tiemeyer, Bärbel 114
Tipraqsa, Prasnee 173
Tjiok, Dave 132
Trute, Peter 172

U

Utermann, Jens 98, 99

V

Vanselow-Algan, Marion 124
Vasconcelos, Ana 70
Veste, Maik 72, 75
Vetter, Armin 176, 177, 180
Vogt-Altena, Holger 65

W

Wagener, Frank 171
Walter, Klaus 159
Warnecke, Sylvia 190
Wehling, Peter 52
Wehrhan, M. 116
Wehrhan, Marc 26
Weigel, Hans Joachim 164

Weiß, Julika 189
Well, Reinhard 126
Weymann, Daniel 126
Wilde, P. 150
Willms, Matthias 203
Wilmking, Martin 85
Wilt de, Jan 12
Wittig, Friederike 210
Wrage, Nicole 165, 166
Wrenzycki, Christine 167

Y

Youn, Yeo-Chang 94

Z

Zeitz, Jutta 114, 120
Zerbe, Stephan 85
Zimmer, Bernhard 174
Zormaier, Florian 174