

# **25. HÜLSENBERGER GESPRÄCHE 2014**

**Innovative Erzeugung, Konversion  
und Nutzung agrarischer Biomasse –  
Zukunftsfeld der Bioökonomie**

**H. WILHELM SCHAUMANN STIFTUNG**



25. Hülsenberger Gespräche 2014  
*der H. Wilhelm Schaumann Stiftung*



**Hülsenberger  
Gespräche  
2014**



## **Innovative Erzeugung, Konversion und Nutzung agrarischer Biomasse – Zukunftsfeld der Bioökonomie**

### **Inhaltsverzeichnis**

Begrüßung.....	W. WEISTHOFF	7
Wissensbasierte Bioökonomie – die zukünftigen Herausforderungen für Deutschland und die Welt .....	CHR. PATERMANN	10
Diskussion		
Die Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 – das nationale Förderprogramm .....	H. VAN LIEMPT	14
Diskussion		
Effiziente Biomasseerzeugung und -nutzung – Grundlage der bioökonomischen Wertschöpfung .....	B. U. SCHNEIDER	34
Diskussion		
Nachhaltige Bodennutzung – Bodenqualität und Ökosystemdienstleistungen verbessern .....	I. KÖBEL-KNABNER	48
Diskussion		
Innovation Pflanzenzüchtung .....	T. ALTMANN	59
Diskussion		
Skyfarming – Innovation in der Pflanzenproduktion.....	J. SAUERBORN	73
Diskussion		
Nachhaltige Nutztierzucht und -haltung – die zukünftigen Herausforderungen.....	M. SCHWERIN	85
Diskussion		

Innovation Kaskadennutzung von Biomasse: effiziente Ansätze zur stofflichen und energetischen Nutzung .....	T. PRÖLL	100
Diskussion		
Innovative Kleiebioraffinerie: vom Nebenprodukt zu High Value-Produkten .....	W. KNEIFEL	110
Diskussion		
Biokohle – Ende der Bioraffineriekaskade oder Teil eines Wertschöpfungszyklus? .....	R. BRUNSCH	118
Diskussion		
Entstehung und Entwicklung der Hülseberger Gespräche .....	D. SMIDT	127
Zur Rolle östlicher Getreidenationen bei der Mobilisierung globaler Getreidemarktpotenziale: Nutzen oder blockieren diese ihre Markt- und Wachstumschancen? .....	T. GLAUBEN	130
Diskussion		
Nutzung agrarischer Biomasse aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Sicht .....	F. ISERMEYER	145
Diskussion		
Bioökonomie: Konzept und internationale Verflechtungen .....	J. VON BRAUN	159
Diskussion		
Zusammenfassung .....	G. BREVES	174
Schlusswort .....	E. KALM	177
Teilnehmer der HÜLSEBERGER GESPRÄCHE 2014 .....		179
Referenten der HÜLSEBERGER GESPRÄCHE 2014 .....		184
Hülseberger Gespräche von 1965 bis 2014 .....		186

## Begrüßung zu den »25. Hülsenberger Gesprächen 2014«



Sehr geehrte Herren Seiller, sehr geehrte Damen und Herren,

im Namen des Kuratoriums und des Vorstandes der H. Wilhelm Schaumann Stiftung begrüße ich Sie recht herzlich zu den 25. Hülsenberger Gesprächen in Lübeck. Wir freuen uns, dass Sie unserer Einladung so zahlreich gefolgt sind.

Ich möchte auch alle Referenten und Diskussionsleiter begrüßen und mich für Ihre Zusage bedanken, uns im Rahmen der diesjährigen 25. Hülsenberger Gespräche Informationen, Visionen und Denkanstöße zu geben.

Mit dem diesjährigen Generalthema „Innovative Erzeugung, Konversion und Nutzung agrarischer Biomasse – Zukunftsfeld der Bioökonomie“ werden wir das neue, aber sehr interdisziplinäre Arbeitsfeld der Bioökonomie betrachten.

Gleichzeitig werden wir im Rahmen der diesjährigen 25. Hülsenberger Gespräche aber nicht nur Visionen entwickeln, sondern dieses Jubiläum auch zum Anlass nehmen, auf die Entstehung und Entwicklung der Hülsenberger Gespräche zurückblicken. In diesem Zusammenhang wird auch eine Vorstellung und Besichtigung des heutigen Gut Hülsenberg, die Keimzelle der Hülsenberger Gespräche, stattfinden.

Bereits der Physiker und Nobelpreisträger Albert Einstein hat das Thema Zukunft in einem seiner Zitate aufgegriffen: „Mehr als die Vergangenheit interessiert mich die Zukunft, denn in ihr gedenke ich zu leben“. Treffender könnten mit diesem Zitat die zukünftigen Rahmenbedingungen nicht beschrieben werden. Das stetige Wachstum der Weltbevölkerung ist mit großen Herausforderungen verbunden. Wie kann zukünftig die Welternährung gesichert werden? Welche Verbesserungen in der Produktivität von Nahrungsmitteln sind hierfür notwendig? Wie können vorhandene Ressourcen effektiv genutzt und wie kann die Umwelt geschützt werden?

Diese Fragestellungen unter der Berücksichtigung sich verändernder klimatischer Verhältnisse, einer nicht gesicherten Versorgung mit fossilen Brennstoffen oder einer gesellschaftlich nicht akzeptierten Produktion von atomaren Brennstoffen suchen in der Bioökonomie Lösungsansätze. Hierbei steht die Nutzung der agrarischen Biomasse im Vordergrund der Betrachtung. Um die Bedeutung der agrarischen Biomasse einmal in Zahlen zu beschreiben, müssen wir uns von bekannten Größenangaben wie „Millionen“ oder „Milliarden“ lösen. Bei der Frage nach vorhandener Biomasse betrachten wir diese in Größenordnungen wie „Giga“ oder „Exa“. Die

Energie der jährlich erzeugten pflanzlichen Nahrungsmittel für die Erdbevölkerung entspricht etwa 20 Exajoule. In der Bundesrepublik Deutschland liegt der Verbrauch an Primärenergie bei 14 Exajoule. Reste aus der Nahrungsmittelproduktion (z.B. von Reis, Weizen, Mais, Zuckerrohr), die für den menschlichen Organismus nicht verwertbar sind wie Stängel, Hülsen usw. werden derzeit einfach verbrannt, sie haben einen theoretisch gewinnbaren Energieinhalt von ca. 65 Exajoule. Die weltweit verbrannte Biomasse aus Resten der Nahrungsmittelproduktion beträgt jährlich etwa 2 Gigatonnen ( $2 \cdot 10^9$  t). Diese Menge stellt die 50-fache Menge der bundesdeutschen Getreideernte dar. Mindestens 38 Exajoule hiervon wären energetisch jährlich nutzbar. Diese sehr schwer zu beurteilenden Mengen zeigen, welche Potentiale zukünftig für die beschriebene Welternährung und Energiegewinnung genutzt werden müssen und welche hierdurch vorhandenen Ressourcen geschont werden können.

Im ersten Tagungsblock wird ein Einblick in die Bedeutung und die daraus abgeleiteten Fragestellungen der Bioökonomie gegeben. Hierbei wird aufgezeigt, dass die Bioökonomie ein fester Bestandteil in Forschungsprojekten der Europäischen Union, aber auch in vielen nationalen und europäischen sowie außereuropäischen Forschungsprojekten ist.

Die nationale Forschungsstrategie wird dabei ausführlich betrachtet. Die Nutzung von agrarischer Biomasse in den gesamten Wertschöpfungsketten wird abschließend in diesem Part betrachtet.

Im folgenden Tagungsblock werden Innovationen in der Bodennutzung, Pflanzenproduktion und Tierhaltung vorgestellt und hinterfragt. Insbesondere die Vision Skyfarming, das landwirtschaftliche Hochhaus, stellt in mehrerer Hinsicht eine Vision zur möglichen Lösung vieler Fragestellungen dar.

Die Nutzung der Biomasse wird in den folgenden Vorträgen des zweiten Veranstaltungstages an verschiedenen sehr konkreten Beispielen aufgezeigt.

Weltweit ist eine steigende energetische Nutzung von organischer Biomasse – bedingt durch die begrenzte Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe – festzustellen. Daher werden Lösungen zur Energiegewinnung gesucht. Im Rahmen dieser thermischen Verwertung, hierzu werden drei Beispiele gezeigt, fallen aber auch hochwertige Produkte an, die in Düngung und Ernährung eingesetzt werden können.

Im letzten Themenblock wird unser Tagungsthema aus volks- und marktwirtschaftlicher Sicht betrachtet werden. Welche Potentiale bieten nicht genutzte landwirtschaftliche Areale für die Produktion von Biomasse? Wie kann die vorhandene Biomasse besser genutzt werden? Diese Fragen sind durch Empfehlungen aus den verschiedensten Fachbereichen, wie die Tier- und Pflanzenproduktion, die EU-Agrarpolitik oder auch die Energiepolitik, um einige Beispiele zu nennen, zu beantworten. Eine globale Betrachtung dieser Thematik wird abschließend folgen.

Sehr geehrte Damen und Herren,

Neue Herausforderungen verändern das landwirtschaftlichen Umfeld und provozieren neue wissenschaftliche Fragestellungen in der Landwirtschaft aber auch wissenschaftliche Disziplinen, die in der Vergangenheit nicht mit der Landwirtschaft in Verbindung gesehen worden sind. Mit den diesjährigen Hülsenberger Gesprächen wird ein neues Themenfeld betrachtet und Fragestellungen rund um eine ressourcenschonende, steigende Biomasseproduktion diskutiert.

Die Landwirtschaft und das landwirtschaftliche Umfeld haben sich in den vergangenen Jahrzehnten verändert. Diese spiegeln sich auch in den Generalthemen der vergangenen Hülsenberger Gespräche wider. Die H. Wilhelm Schaumann Stiftung ist ihren Prinzipien in der fast 50-jährigen Geschichte treu geblieben. Neben der gemeinnützigen Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in den Tierwissenschaften ist insbesondere die Ausrichtung von agrarwissenschaftlichen Fachtagungen, wie den Hülsen-

berger Gesprächen, ein Diskussionsforum, welches Ihnen, sehr geehrte Gäste, die Möglichkeit eröffnet, aktuelle Themen gemeinsam mit Ihren Kolleginnen und Kollegen zu diskutieren.

Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle den Herren Charles und Olivier Seiller, die es mit viel persönlichem und finanziellen Engagement ermöglichen, dass die vom Stiftungsgründer, Herrn H. Wilhelm Schaumann, im Jahr 1967 ins Leben gerufene Stiftung ihre in der Satzung festgelegten Ziele weiterführen kann.

Sehr geehrte Damen und Herren,  
mit den diesjährigen Hülsenberger Gesprächen haben wir ein Thema gewählt, welches einen Beitrag zu einer Neuorientierung leisten kann und muss.

Wir wünschen uns, dass die Referenten in ihren Referaten neue Sichtweisen und Gedankenanstöße vermitteln und wir mit ihnen, wie es auch der Stiftungsgründer Herr H. Wilhelm Schaumann immer

wieder gewünscht hat und es auch heute noch eine Aufgabe der Arbeit der H. Wilhelm Schaumann Stiftung ist, einen intensiven und interdisziplinären Meinungsaustausch führen. Eine Neuorientierung ist, wie die folgenden Beiträge zeigen werden, notwendig. Ich möchte Sie auffordern, die diesjährigen Hülsenberger Gespräche zu intensiven Diskussionen zu nutzen.

Bevor ich nun Herrn Professor Dr. Bahrs für die Moderation des ersten Tagungsblockes das Wort erteile, möchte ich uns allen einen erfolgreichen Verlauf der 25. Hülsenberger Gespräche wünschen.

Vielen Dank.

# Wissensbasierte Bioökonomie – die zukünftigen Herausforderungen für Deutschland und die Welt



Forschung und Wissenschaft liefern in atemberaubender Geschwindigkeit neues Wissen um Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen. Das neue Verständnis um die Funktionen und Arbeitsweisen dieser Multitalente hat dazu geführt, sich verstärkt mit einer Wirtschaftsform zu beschäftigen, die als Bioökonomie bezeichnet wird. Deren primäre Ressource ist Biomasse; ihre Ergebnisse werden als biobasierte Produkte und Verfahren bezeichnet.

Die Bioökonomie umfasst somit alle wirtschaftlichen Sektoren und deren Dienstleistungen, die biologische Ressourcen produzieren, be- oder verarbeiten oder auch nur nutzen, von der Land- und Forstwirtschaft, der Ernährungswirtschaft bis hin zur Feinchemie, Kosmetik, Bioenergie und Bauwirtschaft. In ganz Europa haben diese Branchen einen Umsatz von mehr als 2 Trillionen € und beschäftigen mehr als 22 Millionen Menschen, Tendenz steigend.

Nach der Europäischen Union, die seit 2007 die Entwicklung der „wissensbasierten Bioökonomie“ (Knowledge Based Bio-Economy, KBBE) vor allem durch gezielte Forschung und Entwicklung, seit 2012 auch als eine neue, echte ökonomische Strategie vorantreibt, hat auch die Bundesregierung das Potential dieses neuen Konzeptes erkannt. Sie hat im November 2010 ein auf sechs Jahre angelegtes Forschungs-Bioökonomieprogramm für ca. 2,5 Milliarden € aufgelegt und im Juli 2013 gleichfalls erstmals eine ressortübergreifende politische Bioökonomiestrategie veröffentlicht.

Das neue Forschungsprogramm der EU, Horizont 2020, ab 2014 bis 2020 das größte internationale Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsprogramm der Welt mit ca. 80 Milliarden €, wird mehr als 4 Milliarden € als Fördermittel für die Bioökonomie vorsehen. Inzwischen haben fast alle skandinavischen Staaten, die Niederlande, Belgien (Flandern), Irland und Österreich gleichfalls eigene Programme vorgelegt; seit April 2012 haben auch die USA und Russland, gefolgt von Malaysia und Canada, Südafrika, Argentinien eigene nationale Vorhaben und Strategien entwickelt; in Brasilien, Indien, Australien, China und einigen weiteren europäischen Ländern wird gleichfalls daran gearbeitet.

Die europäische Industrie wie auch die Land- und Forstwirtschaft haben die Potentiale dieser neuen biobasierten, auf erneuerbaren biologischen Ressourcen beruhenden Wirtschaftsform für ihre Wettbewerbsfähigkeit, aber auch als Beitrag zur Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz und den Klima- und Umweltschutz erkannt und sind an der Umsetzung intensiv beteiligt, von biobasierten Plattformchemikalien, Biokraftstoffen der nächsten Generation, biobasierten PET- bzw. PEF-Flaschen für die Getränkeindustrie bis hin zu neuartigen Fischer-Dübeln.

Dieses Momentum in Europa gilt es nun, auszubauen und einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

## Diskussion



SCHWERIN, DUMMERSTORF

Herr Patermann, Sie haben auf verschiedene Aspekte hingewiesen und auch auf die Bedeutung der Bioökonomie im Zusammenhang mit der Urbanisierung. Sie haben auf die Bedeutung der Betrachtung ganzer Wertschöpfungsketten hingewiesen und in der von der EU-prämierten Abbildung indirekt auch darauf, dass je höher die Veredlung der Produkte ist, desto höher ist die Wertschöpfung. Welche Lösungen sehen Sie für die bioökonomische Wertschöpfung im ländlichen Raum, also für den Bereich, wo wir offensichtlich am wenigsten Wertschöpfung haben, Veredlung der Produkte - geringere Veredlung der Produkte und nachdem was Sie gesagt haben, wird die Urbanisierung zunehmen, damit weniger Menschen, die die Arbeit machen.

ANTWORT

Das wird nicht nur in ländlichen Bereichen in Europa sein, sondern es wird auch in großen Teilen des nördlichen Asiens sein, nicht in vielen anderen Teilen wie etwa Afrika, Teilen Afrikas auch, nicht etwa in Asien, wo in ländlichen Bereichen ja nach wie vor die Massierung vieler Menschen ist. Damit habe ich bereits im ersten Punkt herausgestellt, es wird da auch keine Patentlösung geben, sondern es gibt nicht die Bioökonomie, sondern es wird viele Bioökonomien geben, die sehr stark regional unterschiedlich sind. Die Anbausorten in Norwegen sind eben anders als in Sri Lanka und in Südamerika spielt die Diskussion um Bioökonomie, vor allen Dingen der Schutz

und Erhalt der funktionellen Biodiversität vor großen Weltkonzernen, eine riesen Rolle. Die Lateinamerikaner sehen die Bioökonomie als einen Schutzschild, sich gegen die Norvatis, die Nestlés und die Danones dieser Welt zu schützen, dass sind eben ihre Genressourcen, klauen und nutzen und nichts dafür kriegen. Spielt bei uns überhaupt keine Rolle. Die Bioökonomie von Südafrika ist ein sehr wichtiger Partner für Deutschland. Angucken im Sinne davon, dass eben in Südafrika ein Hotspot ist für ganz wichtige Weltpflanzen und die genetischen Ressourcen, wie etwa die marinen Ressourcen 15 bis 20 % aller an Küstenregionen lebenden Pflanzen, in Südafrika beheimatete etc. Das spielt bei uns nur eine geringe Rolle. Bei uns stehen andere Dinge im Vordergrund und das will ich damit sagen. Man muss sich sehr genau anschauen, was eben in einer Region ist, die nicht stark populierte ist, also wo es wenige Menschen gibt. Was wird da erst mal angebaut? Was sind da für Logistikzweige, ist das eine Küstenregion, ist das eine Bergregion? Das sind völlig andere Voraussetzungen. In Mecklenburg-Vorpommern sind wir dabei, das durchzuexerzieren. Deshalb sage ich immer, in all diesen Regionen ist als erstes nötig ein Nepping, und sie werden überrascht sein, wie wenig meistens die Entscheider über die Ressourcen wissen, soll ich mal sagen Ressourcenprofile in einer einzelnen Region. Und wo sind dann die Stärken, wo sind die gut? Dann sagen die, wir sind auch in der Lage, mehr zu machen und dann muss ich eben sehen, dass ich mit den wenigen Menschen, komischerweise klingt es jetzt ein

bisschen zynisch, ein Maximum rausholen. Das heißt, die Wertschöpfung genauso wie sie es eben sagen. Ich muss mir genau angucken, wo habe ich in der Pyramide in der Region die höchste Wertschöpfung. Und das ist ganz unterschiedlich. Sie sehen das bei den Finnen, es ist im forstwirtschaftlichen Bereich. Und da achten sie vor allen Dingen darauf, selbst wenn sie große Bereiche haben, wo wenig Leute sind, aber da werden Sie sehen, dass es in dieser finnischen Strategie sehr deutlich gemacht ist. Wir müssen auch rural-forstwirtschaftlich wichtige Bereiche stark unterstützen. Wir müssen dort auch Anreize geben. Jetzt nicht als Subvention, sondern Anreize geben, auch im Hinblick auf Ausbildung und Anlagen, Bau, fünf oder sechs Bioraffinerien, so in diese Richtung oder in diese Region bringen. Man muss sich sehr genau jede einzelne Region ansehen und auch im aquatischen Bereich. Ich war nahezu überrascht, was in Mecklenburg-Vorpommern heute schon im Aquakulturbereich gemacht wird mit Kontakten in alle Welt. Was keiner bisher wusste, auch die Ministerien nicht und dass man da schon die Poolposition hat und das evtl. weiterentwickeln kann. Herr Kneifel ist der Vater der ersten Bioraffinerie auf Kleie-Basis. Wer weiß von uns schon, was Kleie ist. Wer weiß, dass die Kleie den Müller nervt. Und was machen wir damit? Da gibt es so viele Produkte, auch in den Entwicklungsländern. Allein Bananenstauden, die wissen gar nicht, wohin damit. Muss man natürlich sehen, was man mit den Resten macht. Das ist die Frage der Nachhaltigkeit. Also klare Antwort auf ihre sehr komplexe Frage. Es gibt nicht die Lösung, sondern man muss sehr genau schauen, welche verschiedenen Vor- und Nachteile schon in dieser Region sind. Das heißt also nicht gleich was Neues aufbauen, sondern aufbauen auf dem was da ist. Kann ich nur dringend empfehlen.

KNEIFEL, WIEN

Vielen Dank Herr Patermann für diesen tollen Einblick und Überblick. Ich muss dazu sagen, ich bin vielleicht nicht der Vater der Kleie-Raffiniere, sondern einer der Geburtshelfer. Die Frage, die sich hier aufdrängt ist die: Sie haben so schön gezeigt, dass

Coca-Cola und auch andere Großkonzerne umsteigen auf Verpackungsmaterial, wo dies auf den ersten Blick doch ziemlich aufwendig erscheint. Man braucht doch andere Prozesse, man hat andere CO<sub>2</sub>-Bilanzen. Letztlich steckt doch nicht nur der Wille grün und nachhaltig zu sein dahinter, das muss sich doch auch irgendwo rechnen. Wir haben die Bioökonomie, wir können da sagen, es ist ein gewisser Ökonomiefaktor dabei. Wann rechnet sich denn das bzw. rechnet sich das überhaupt?

ANTWORT

Vielen Dank für diese Frage, die gibt mir nämlich Anlass auf zwei Dinge einzugehen, die ich vergessen habe. Das erste hatte ich ein bisschen angedeutet. Alleine mit Ökologie zu sagen, das ist ökologisch prima, werden sie nicht eine wirtschaftliche Entscheidung begründen können. Das ist leider so. Wir gingen immer in der Kommission davon aus, auch in der gesamten Bioernährung, Bioprodukte etc., dass wir bis zu 15% unserer Bevölkerung haben, 15–17% in ganz Europa, die sich letztlich fragen, was ist für mich wichtig, wofür ist es wichtig, Geld auszugeben. Der Rest nicht. Das ist so und das hat sich eigentlich nicht geändert. Selbst in Österreich, wo sie ja einen sehr starken ökologischen Landbau haben, ist es letztlich nicht mehr als 10–13 %, in der Schweiz genauso. Die Schweiz kenne ich noch ein bisschen besser. Da gibt es natürliche Grenzen. Was heißt das? Das heißt, dass letztlich die Bevölkerung auch ihre Grenzen hat im Hinblick auf ihre Bereitschaft für die Ökologie „zu bluten“, das ist jetzt sehr drastisch ausgedrückt. Aus diesem Grund pflege ich immer zu sagen, alles das, was sich in der Demonstration von biobasierten Produkten zeigt, muss gleichzeitig auch immer ein anderes zusätzliches und vorteilhaftes Element für dies Produkt beinhalten. Ich bringe ihnen das Beispiel Fischerdübel. Wir haben lange mit den Leuten von Fischerdübel gesprochen, die ja die ersten biobasierten Fischerdübel auf dem Markt haben. Und wie läuft es? Noch nicht so ganz. Was sagt ihr denn den Leuten? Ja, wir sagen das ist grün. Ich sag, das reicht nicht. Habt ihr nicht noch andere Punkte. Auf einmal

kamen wir zu den Gedanken. Wir haben eine Temperaturresistenz, die ist bei 60 oder 70 Grad. Wenn ich mit Fischerdübel arbeite, dann geht der mir oft kaputt, dann ist der zu heiß und geht kaputt. Bei den neuen ist die Resistenztemperatur sehr viel höher. Ich sag, nun sagt das den Leuten doch mal, wie die Coca-Cola-Leute, die das begriffen haben, die sehr deutlich sagen, die Coca-Cola-Flasche wird, wenn sie diese Technologie hat, dann wird sie eben das CO<sub>2</sub> einer normalen Flasche verlieren. Lassen sie mal so eine Coca-Cola-Flasche erstellen, da haben sie nach einem Monat so ein Zeug weniger. Der Kostcontainment ist sehr viel stärker und sie sind sehr viel leichter und das hat eine ganze Menge Vorteile für die Logistik etc. Das ist sozusagen eine Kombination, die ich immer brauche. BASF macht das ganz spannend im Augenblick. Die haben ja sowohl in der Bernsteinsäure als auch in der Acrylsäure jetzt die ersten kommerziellen Großanlagen, wo sie tausende von Jahrestonnen produzieren. Die haben parallel dazu Arbeitsgruppen eingerichtet, die nichts anderes tun, als mit den potentiellen Kunden in dem Geschäft zu sprechen und sagen, wo können wir denn mit welchen Änderungen in den Vorteilen für diese Produkte und für eure Produkte jetzt die biobasierte Bernsteinsäure einsetzen. Das heißt von vorn herein begleitend mit dem Kunden sprechen und sagen: Ist das was? Bringt das einen Vorteil? Wie sieht da die Wirtschaftlichkeit aus? Das ist für meine Begriffe der einzig richtige Weg. Nicht blue sky, ökologie u.s.w., sondern es muss sich auch rechnen, sonst ist das auch nicht ökonomisch.

KALM, KIEL

Sie haben gesagt, wir brauchen eine neue Industriepolitik. Mangelt es in der Industriepolitik an der Ausbildung, sprich an den Universitäten, dass Sie diesen Gedanken so hervorheben. Sehen sie noch Mängel?

ANTWORT

Es ist ja ein schillernder Begriff – Industriepolitik. Wenn wir über Industriepolitik in der Politik reden, dann ist es eigentlich mehr, wie weit darf der Staat in industrielle, wirtschaftliche Geschehnisse eingreifen.

Wo ist da die Balance? Das ist eigentlich die Kernfrage der Industriepolitik etc. Da hat man in Frankreich eigentlich traditionell, da waren Alstrom und Siemens und man hat eigentlich ganze Akzeptanz, da ist der Staat sehr viel stärker in der Industrie drinnen. Deshalb war ich sehr überrascht, dass die Franzosen dieses Argument bringen. Was jetzt in Brüssel sehr viel diskutiert wird und was der neue Industriekommissar sagen wird, das wird einen ganz anderen Stellenwert haben als das was Herr Taschani jetzt macht. Es wird einfach sein, die Erkenntnis umzusetzen, dass in dieser Finanzkrise, die wir hatten und viele andere Krisen, die wir noch hatten, es gut war, eine starke Industriebasis in einem Land zu haben. Was heißt das? Die Engländer versuchen zu zeigen, die Automobilindustrie wieder zu revitalisieren. Es ist ihnen mit Jaguar gelungen, jetzt auch mit Nissan. Die haben ja weiter keinen automobilen Maschinenbau mehr gehabt. Das versucht Herr Cameron jetzt zu machen. Ich habe da meine Bedenken, denn wenn man einmal eine industrielle Basis verlassen hat, ist die ganz schwer wieder einzuholen, ganz ganz schwer. Deshalb ist jetzt zum Beispiel die Frage auch, inwieweit ist die chemische Industrie oder auch die bioschemische und kosmetische Industrie in Europa. Inwieweit ist die jetzt auch noch sozusagen von Brüssel aus zu fordern und sozusagen auch zu stärken und nicht dass man ständig irgendwelche Knüppel zwischen die Beine legt. Man hatte doch in den letzten sechs bis acht Jahren oft das Gefühl, dass von Brüssel aus der industriellen Entwicklung in Europa Knüppel zwischen die Beine geschmissen worden sind. Ob das bei Lietsch war in seiner Ausgestaltung, nicht in der ursprünglichen Idee oder ob das bei den Genehmigungsverfahren auch in der pharmazeutischen Industrie ist. Wobei ich nicht kleinreden will die Notwendigkeit der Sicherheit für den Patienten und Konsumenten. Manchmal wird schon übertrieben. Das meinen wir eigentlich mit einer Industriepolitik. Das hat mit Ausbildung selbst nichts zu tun.

# Die Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 – das nationale Förderprogramm



Sehr geehrte Damen und Herren,

Ich freue mich sehr, Ihnen heute über die Maßnahmen der Bundesregierung, und hier insbesondere über die Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030, das nationale Forschungsförderungsprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, zu berichten.

Das Ziel der verschiedenen politischen Fördermaßnahmen ist es, die Bioökonomie und damit den Wandel zu einer auf erneuerbaren, nachwachsenden Ressourcen beruhenden rohstoffeffizienten Wirtschaft, voranzutreiben. Letztendlich wollen wir damit – in Übereinstimmung mit dem Thema der heutigen Veranstaltung – das große Potential der Bioökonomie als Wirtschaftssektor der Zukunft und hier wieder insbesondere die Agrarproduktion, als zentrale Säule und wichtiges Zukunftsfeld der Bioökonomie, fördern.

Zu Beginn meines Vortrages werde ich kurz auf die aktuellen Herausforderungen eingehen, die einen Paradigmenwechsel weg von einer fossil basierten Wirtschaft hin zu einer Bioökonomie notwendig machen. Im Anschluss werde ich auf die Frage: „Was ist Bioökonomie?“ eingehen und die Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030, die Aktivitäten des Bioökonomierates sowie die kohärente Politikgestaltung zwischen den verschiedenen Ressorts der Bundesregierung darstellen, die notwendig ist, um eine erfolgreiche Bioökonomie zu etablieren. Im zweiten Teil meines Vortrages werde ich dann, anhand unserer bisherigen Förderaktivitäten, über die konkrete Umsetzung der Nationalen Forschungsstrategie

Bioökonomie im Agrarbereich berichten sowie unsere Planungen für die nächsten Jahre vorstellen.

Die großen Aufgaben zu Beginn dieses Jahrhunderts, so wie sie in den verschiedenen Strategien der Bundesregierung zur Bioökonomie beschrieben werden, sind: „*Globale Ernährungssicherheit, nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung aus Biomasse, der Erhalt der biologischen Vielfalt, Klima- und Umweltschutz sowie die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.*“<sup>1</sup>

Das heißt, eine wachsende Weltbevölkerung muss bei begrenzten Nutzflächen ausreichend und gesund ernährt werden. Der Klimawandel macht die Begrenzung der Treibhausgasemissionen erforderlich und der weltweit zunehmende Verlust an Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität verlangt nach Gegenmaßnahmen. Die Endlichkeit fossiler Rohstoffe, eine steigende Rohstoffnachfrage und politische Unsicherheiten werden sich im Markt widerspiegeln und machen die Erschließung neuer Rohstoffquellen und den Einsatz von Alternativen notwendig. Damit gewinnen neue Konzepte für eine dauerhafte und sichere Rohstoffversorgung unter Einbeziehung nachhaltig erzeugter Biomasse an Bedeutung.“<sup>2</sup>

Hinsichtlich der Herausforderungen durch Klimawandel und fossile Rohstoffverknappung möchte ich im Folgenden etwas genauer auf einige Aspekte

<sup>1</sup> Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030, 2010

<sup>2</sup> Politikstrategie Bioökonomie, 2013 ([http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BioOekonomiestrategie.pdf?sessionid=51F3053499B286BEA80E20CB3B8C1339.2\\_cid296?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BioOekonomiestrategie.pdf?sessionid=51F3053499B286BEA80E20CB3B8C1339.2_cid296?__blob=publicationFile))

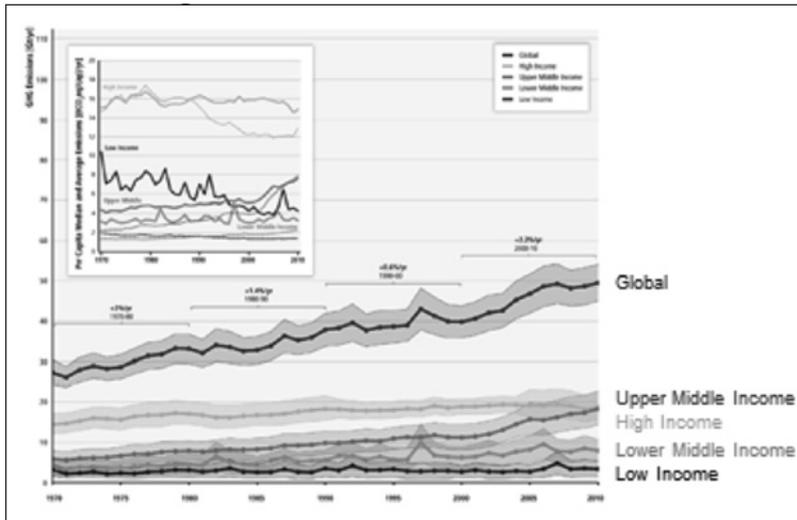


Abbildung 1: 5. Bericht des Weltklimarates – Globaler Anstieg der THG-Emissionen in Abhängigkeit von Ökonomischen Regionen

Quelle: Working Group III contribution to the IPCC 5th Assessment Report “Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change” (April 2014)

des Berichts der Arbeitsgruppe III des Weltklimarates (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) zum fünften Assessment Report “Climate Change 2014: Mitigation of climate change” vom April 2014 eingehen, welcher Ursachen und Möglichkeiten zur Abmilderung des Klimawandels genauer aufzeigt.

Nach Angaben der Arbeitsgruppe III des Weltklimarates stammen die meisten THG-Emissionen aus dem Bereich der Energieproduktion - mit 34% hauptsächlich CO<sub>2</sub> aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, direkt gefolgt von 24% THG-Emissionen durch Land- und Forstwirtschaft sowie Landnutzungsänderungen. Hier sind die THG-Emissionen vorrangig auf Methan (CH<sub>4</sub>) und Stickoxide (N<sub>2</sub>O) zurückzuführen.

In dem Bericht wird weiter festgestellt, wie in dieser Grafik zu sehen, dass die jährlichen globalen THG-Emissionen, seit 1970 kontinuierlich um ca. 75% gestiegen sind. Seit dem letzten (vierten) Weltklimarates Report 2004 zeigt sich ein beschleunigter jährlicher Emissionszuwachs, hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, der im Jahr 2010, mit 49,5 Gigatonnen CO<sub>2</sub> Äquivalent, bei einem zuvor noch nicht erreichten Höchststand liegt. Die Grafik zeigt

auch deutlich die Auswirkungen periodischer wirtschaftlicher Ab- und Aufschwünge. So konnte beispielsweise 2008, den hohen Brennstoffpreisen und der Wirtschaftskrise geschuldet, eine etwas geringere Emissions-Steigerungsrate verzeichnet werden. Durch das anhaltende Wirtschaftswachstum in den Schwellenländern stiegen die Emissionen aber trotzdem stetig und deutlich weiter an.<sup>3</sup>

Betrachtet man den Anstieg der globalen Emissionen in Abhängigkeit von den durch die Weltbank definierten vier Wirtschaftsräumen (high, upper middle, lower middle und low income), sind die Pro-Kopf-Emissionen hoch industrialisierter Länder im Durchschnitt 5 mal höher als die von Ländern mit sehr geringem Einkommen.

Pro-Kopf-Emissionen von Ländern mit einem oberen mittleren Einkommen sind im letzten Jahrzehnt kontinuierlich angestiegen und seit dem letzten Bericht des Weltklimarates 2004 zeichnet sich hier

<sup>3</sup> Working Group III contribution to the IPCC 5th Assessment Report „Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change“ Report (April 2014)

ein interessanter Trend ab: einige der Länder mit sehr geringem Einkommen haben extrem niedrige Pro-Kopf-Emissionen, während einige der Entwicklungsländer mit einem oberen mittleren Einkommen Pro-Kopf-Emissionen zeigen, die mit denen von industrialisierten Ländern vergleichbar sind. Die Gesamtemissionen der Länder mit mittlerem Einkommen übersteigen dabei die Gesamtemissionen der industrialisierten Länder.<sup>4</sup>

Die ursächlichen treibenden Kräfte für anthropogen bedingte Emissionen liegen in der Bevölkerungszahl, der Wirtschaftsstruktur, dem Einkommen und der Einkommensverteilung, der Politik, dem Konsumverhalten, bei Investitionen, dem individuellen und gesamtgesellschaftlichen Verhalten, dem Technologiegrad, der Verfügbarkeit von Energie und, last but not least Landnutzungsänderungen. Landnutzungsänderungen, durch Entwaldung und Degradation, spielen hier vor allem in den Ländern mit niedrigem Einkommen eine große Rolle. Insgesamt kann – mit aller gebotenen Vorsicht hinsichtlich der Belastbarkeit solcher Daten – zumindest als Trend, die Wirtschaftslage der jeweiligen Länder als hauptsächlich verantwortlicher, kurzfristiger Treiber für Emissionsveränderungen, identifiziert werden.<sup>5</sup>

Weiter wird in dem fünften Bericht des Weltklimarates festgestellt, wie Sie jetzt dieser zweiten Grafik entnehmen können, dass auch die Globalisierung und der internationale Handel Effekte auf die THG-Emissionen haben. In den von Ländern mit hohem Einkommen importierten Gütern sind zu einem großen Teil THG-Emissionen anderer Länder, und zwar hauptsächlich von Ländern mit oberem mittlerem Einkommen, implizit enthalten.<sup>6</sup>

Um den weiteren Anstieg der THG-Emissionen zu verringern und die weitere Klimaerwärmung zu begrenzen haben die Länder, und hier vor allem die Länder mit einem mittleren Einkommen, noch große

Umstellungen vor sich, um geeignete, d.h. an ihre jeweilige standortbedingte Situation angepasste, Nachhaltigkeitsstrategien, die sich ggf. deutlich von denen der Industrieländer unterscheiden müssen, zu verfolgen. Deutschland ist eine der stärksten Wirtschaftsnationen der Welt. Doch auf Basis des Berichtes des Weltklimarates und der gerade gezeigten Daten wird deutlich, dass die fossil-basierte Wirtschaftsweise, wenn wir die Umwelt- und Klimaschutzziele erreichen wollen, zunehmend an ihre Grenzen stößt. Die Abhängigkeit von Kohle, Erdgas und Erdöl stellt, auch aufgrund der geologischen Verfügbarkeiten, ein zunehmendes Problem für die Welt dar. Die leicht zugänglichen Förderstätten nehmen ab, die Förderung insbesondere von Erdöl ist zunehmend mit hohem Energieeinsatz und größeren Umweltauswirkungen verbunden.

Schauen wir uns dazu die Welt-Jahresverbräuche, hier angegeben als statische Reichweiten<sup>7</sup>, auf Basis

---

<sup>7</sup> Statische Reichweite: Die statische Reichweite wird berechnet als Verhältnis der Reserven und der aktuellen Jahresförderung. Im Ergebnis steht eine Zahl, die besagt, wie viele Jahresverbräuche bei konstanter Förderung und fixen Reserven zukünftig gedeckt werden könnten. Damit ist die Statische Reichweite zwar klar definiert, aber in ihrer Aussagekraft begrenzt, da die eingehenden Parameter, Reserven und Förderung sich keinesfalls statisch verhalten, sondern abhängig von dem geologisch-technischen Kenntnisstand und der wirtschaftlichen und politischen Entwicklung variieren. Diese Faktoren bleiben bei der Berechnung der Statischen Reichweiten unberücksichtigt. Daher ist die Statische Reichweite nur bedingt dazu geeignet, belastbare Aussagen über die künftige weltweite Versorgung mit Energierohstoffen zu treffen. Sie ist kein Prognose-Instrument, sondern stellt eine Momentaufnahme in einem sich dynamisch entwickelnden System dar. Die Begrenztheit der Statischen Reichweite als Indikator für die geologische Verfügbarkeit ergibt sich auch aus der Definition der Reserven. Diese sind kein Maß für die Gesamtheit der geologischen Vorräte, sondern stellen eine Teilmenge dar, die nach geologischer Bekanntheit und Wirtschaftlichkeit definiert ist. Dem gegenüber stehen die Ressourcen, deren Erkundungsgrad geringer, ihre wirtschaftliche Gewinnung nicht erwiesen und somit insgesamt mit größeren Unsicherheiten behaftet sind. Bildet man auch hier das Verhältnis aus der Menge der Ressourcen und der aktuellen Jahresförderung erweitert sich die Aussagekraft, da, basierend auf dem jeweiligen Kenntnisstand, nun auch das noch unbekanntes Energierohstoffpotenzial in die Betrachtung einfließt. Die Statische Reichweite veranschaulicht zwar, wie viel Erdöl vorhanden ist, jedoch nicht wie sich Förderstätten beziehungsweise die Nachfrage zukünftig gedeckt werden kann. Aussagen über die zukünftige Verfügbarkeit erfordern tiefergehende Kenntnisse der Mechanismen der Rohstoffwirtschaft. Die alleinige Betrachtung der Statischen Reichweite ist dafür nicht ausreichend. Aus: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) für die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Reihe DERA Rohstoffinformationen, Energiestudie 2012 – Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen

<sup>4</sup> Ebd.

<sup>5</sup> Ebd.

<sup>6</sup> Ebd.

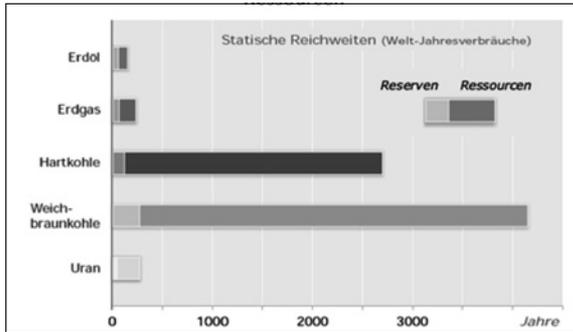


Abbildung 2: Welt-Jahresverbräuche auf Basis von Reserven und Ressourcen. Quelle: Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) für die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Reihe DERA Rohstoffinformation, Energiestudie 2012 – Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen

der Reserven und Ressourcen für die fossilen Energieträger Erdöl, Erdgas Kohle und Uran an, die von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und der Deutschen Rohstoffagentur in ihrer Reihe Rohstoffinformationen: „*Energiestudie 2012 – Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen*“ publiziert worden sind, um einen Eindruck über die momentanen Energierohstoffpotenziale im Vergleich zueinander zu erhalten. Hierbei ist allerdings die Begrenztheit der Statischen Reichweite als Indikator für die geologische Verfügbarkeit und die damit stark vereinfachende Herangehensweise bei der Erstellung der Grafik zu berücksichtigen.

Wie Sie anhand dieser Grafik sehen, gibt es nach derzeitigem Kenntnisstand aus geologischer Sicht insgesamt noch gewaltige fossile Energiemengen<sup>8</sup>: Es zeigt sich eine langfristige Verfügbarkeit bei Kohle, Kernbrennstoffen und, auch wegen der neuen nicht-konventionellen Potenziale, für Erdgas, während beim Erdöl eine Endlichkeit der Vorräte – vor dem Hintergrund einer steigenden Nachfrage – näher rückt.

<sup>8</sup> Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) für die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Reihe DERA Rohstoffinformationen, Energiestudie 2012 – Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen

Bei einem moderaten Anstieg des Erdölverbrauchs kann aus geologischer Sicht zwar die Versorgung mit Erdöl für die nächsten Jahre gewährleistet werden, doch langfristig betrachtet ist Erdöl der einzige nicht erneuerbare Energierohstoff, bei dem die Verfügbarkeit limitiert ist und in den kommenden Jahrzehnten eine steigende Nachfrage nicht mehr gedeckt werden kann. Die DERA schreibt weiter in ihrer Energiestudie 2012: „*Die Produktion beginnt aus technischen Gründen bereits zu einem Zeitpunkt abzusinken, zu dem noch große Vorräte vorhanden sind. Nach dem IEA Szenario wäre bis 2035 der größere Teil der heute ausgewiesenen Erdölreserven verbraucht.*“<sup>9</sup>

Wir benötigen also Alternativen.

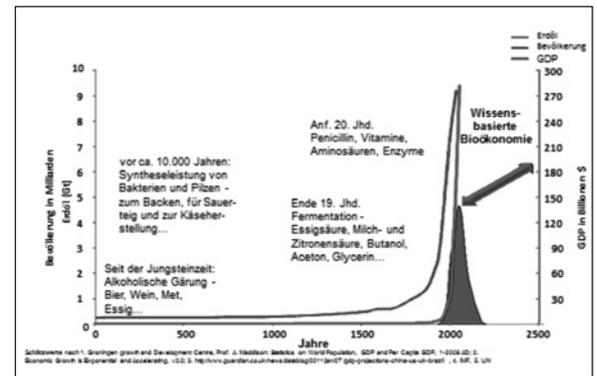


Abbildung 3: Zeitalter der Bioökonomie

Kohle, Erdöl und Erdgas haben in Deutschland und allen anderen Industrieländern in den vergangenen zweihundert Jahren einen enormen wirtschaftlichen Aufschwung ermöglicht. Ohne fossile Rohstoffe wäre die industrielle Revolution wohl nicht so erfolgreich geworden. Neben Kohle und Erdöl haben aber vor allem naturwissenschaftliche und technische Innovationen einen entscheidenden Beitrag zu Wirtschaftswachstum und Wohlstand geleistet.

<sup>9</sup> Ebd.

Wenn wir in der Geschichte zurückgehen, dann sehen wir, dass das Zeitalter des fossilen Erdöls nur eine kurze Periode in der Geschichte der Menschheit darstellt<sup>10</sup>, die mit der systematischen Erschließung des Erdöls in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts begann.

Vor dem Hintergrund der planetaren Grenzen und dem steigenden Bedarf ist die Nutzung nachwachsender Ressourcen in einer wissensbasierten Bioökonomie das Gebot der Stunde. Angesichts der langen Zeiträume, die für einen Paradigmenwechsel bei der Umstellung der Rohstoffbasis erforderlich sind, ist eine rechtzeitige Entwicklung alternativer Rohstoffsysteme notwendig.

Dabei ist das Konzept des biobasierten Wirtschaftens ja nicht neu. Bereits seit Beginn seiner Entwicklung nutzt der Mensch biologische Ressourcen um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen bereitzustellen. Seit dem Neolithikum, also seit der Jungsteinzeit vor ca. 12 000 Jahren, als die Menschen ihre Lebensweise änderten und den gesellschaftlichen Wandel von Jägern und Sammlern zur Ackerbauern und Viehzüchtern vollzogen, waren nachwachsende Ressourcen unsere Lebensgrundlage: Holz als Baumaterial, pflanzliche und tierische Fasern für Kleidung oder Fette und Öle für Wärme und Licht. Es gab aber auch erste biotechnologische Verfahren, die damals aber auf eher zufälligen Entdeckungen beruhten, wie die Herstellung von Bier durch alkoholische Gärung oder die Herstellung von Käse und Brot. Andere Verfahren haben sich erst später im Zuge des molekularbiologischen Fortschritts entwickelt – wie die Produktion neuartiger Medikamente mit Mikroorganismen oder Zellen in der Pharma-Industrie. Und wieder andere wurden erst in jüngster Zeit entwickelt – wie die Verfahren zur Herstellung von Biokunststoffen. Die neuen Erkenntnisse der Forschung eröffnen jetzt Produktionswege, die vorher versperrt waren. Beispiele sind die Herstellung von Ethanol und anderen Basischemikalien aus Agrarreststoffen

wie Getreidestroh oder aus Restströmen der Holzverarbeitung.

Wenn wir uns diese Gesamtsituation anschauen, ist die zentrale Frage des 21. Jahrhunderts also nicht, ob der Klimawandel kommt, ob die Weltbevölkerung wächst und ob der Ausstoß von fossilem Kohlenstoff gesenkt werden muss, diese Notwendigkeit wurde ja gerade beschrieben, sondern wie sich Wirtschaft und Gesellschaft diesen Entwicklungen bestmöglich stellen und wie Forschungs- und Innovationsförderung hierzu einen Beitrag leistet.

Die Weltwirtschaft muss wachsen und das wird sie auch. Die Frage jedoch ist: Wie wächst sie nachhaltig?

Mit der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ verfolgt die Bundesregierung die Vision



- einer am natürlichen Stoffkreislauf orientierten,
- nachhaltigen
- bio-basierten Wirtschaft,
- deren vielfältiges Angebot
- die Welt ausreichend und gesund ernährt
- sowie durch hochwertige Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen
- unsere Wettbewerbsfähigkeit stärkt.

http://www.bmfgrw.de/biooekonomie.pdf

Abbildung 4: Wissensbasierte Bioökonomie – Vision und Ziele

Die wissensbasierte Bioökonomie bietet die Chance, durch den Wandel weg von einer auf fossilen hin zu einer – wieder – auf nachwachsenden Ressourcen basierten Wirtschaftsweise, einen wichtigen Beitrag zur Lösung dieser Herausforderungen zu leisten. Durch die Nutzung von Forschung und Technologie für neue Produkte und Dienstleistungen sowie für innovationsgetriebenes Wirtschaftswachstum kann so gleichzeitig die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als Wirtschaftsstandort gestärkt werden.

Aber was ist unter dem Begriff einer wissensbasierten Bioökonomie eigentlich zu verstehen?

Was sind die Grundlagen und Ziele?

Die Bioökonomie beschreibt den Strukturwandel von einer erdöl-basierten zu einer am natürlichen Stoffkreislauf orientierten, nachhaltigen bio-basierten

<sup>10</sup> CV Wirtschaftskreis, Düsseldorf, 2010: H. Bolt, „Beiträge der Forschung zur Bewältigung der Energiefrage“

Wirtschaft, deren vielfältiges Angebot die Welt ausreichend und gesund ernährt sowie mit hochwertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen versorgt. Sie verknüpft Ökonomie und Ökologie auf intelligente Art und Weise und ermöglicht damit biobasiertes und nachhaltiges Wirtschaftswachstum.

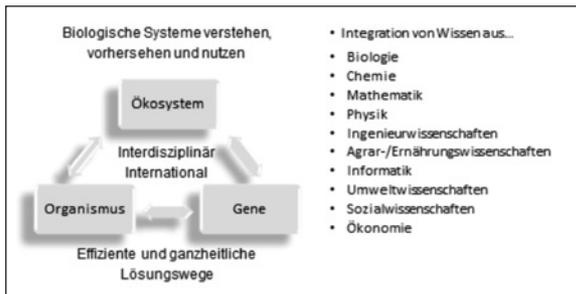


Abbildung 5: Wissensbasierte Bioökonomie

Und der Bioökonomierat definiert Bioökonomie als „die wissenschaftliche Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen“<sup>41</sup>

Die ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Perspektiven der Bioökonomie sind nur durch zunehmendes Wissen über die zugrunde liegenden biologischen Vorgänge und Systeme in Verbindung mit den technischen Möglichkeiten sowie deren Wechselwirkung im Ökosystem bzw. zu den gesellschaftlichen Auswirkungen realisierbar.

Die vielfältigen und dynamischen Interaktionen – von der molekularen Ebene über die Ebene der Organismen zu den Wechselwirkungen zwischen der Biosphäre und dem Klimasystem bis hin zu den Veränderungen für die Gesellschaft – beginnt man in Ansätzen zu verstehen.

Neue quantitative Methoden – wie z. B. Hochdurchsatzanalysen und -synthesen, automatisierte und bildgebende Verfahren und die Möglichkeit zur Erfassung und Auswertung großer Datenmengen als

Grundlage zur Modellierung – werden den Erkenntnisprozess beschleunigen.

Die Kenntnis von biologischen Strukturen und der damit verbundenen Funktionen auf der Mikro- bis Nanoebene bieten vielfältige Anwendungen in den Bereichen Materialwissenschaften, Analytik sowie Stoff- und Energiewandlung bzw. -speicherung.

Ein vertieftes Verständnis der biologischen Vorgänge insbesondere in ihrer zeitlichen Dimension wird es erlauben, belastbare und reproduzierbare Vorhersagen zu treffen, wie diese Systeme z. B. auf äußere Einflüsse reagieren oder wie ihre Leistungsfähigkeit optimiert und sie nachhaltig genutzt werden können, das heißt beispielsweise, ohne dabei direkt oder indirekt andere Bereiche der Natur und Umwelt zu schädigen.

Modelle zur Vorhersage des Einflusses des Klimawandels auf einzelne Arten und/oder auf Ökosysteme und der für den Menschen wichtigen Ökosystemdienstleistungen wären Anwendungsbeispiele für ein optimiertes Wissensmanagement.

Je mehr man in der Lage sein wird, die Bausteine bzw. Baupläne von biologischen Systemen in ihrer Komplexität quantitativ zu beschreiben, zu verstehen sowie ihre Reaktion auf äußere Einflüsse vorherzusagen, desto mehr wird man sie auch zum Vorteil von Mensch und Umwelt technisch nutzen können. Diese Perspektive ist die Basis für den Aufbau einer wissenschaftlichen Bioökonomie, in der interdisziplinär in Kooperationen und Netzwerken zusammengearbeitet wird und Wissen ganzheitlich integriert und zu Innovationen geführt wird.

Synergien aus der Vernetzung unterschiedlicher Forschungsdisziplinen – die neben den naturwissenschaftlichen auch die wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Kompetenzen umfassen – können mit Blick auf die gesamten Wertschöpfungs- bzw. Prozessketten systemische Lösungen für globale Herausforderungen hervorbringen. Die Notwendigkeit für diese ganzheitlichen Ansätze sowie die zunehmende internationale Arbeitsteilung in der Forschung ebenso wie die steigende Zahl technologisch wettbewerbsfähiger Länder erfordern zudem eine international ausgerichtete Forschungsstrategie.

<sup>41</sup> <http://www.bioekonomierat.de/bioökonomie.html>

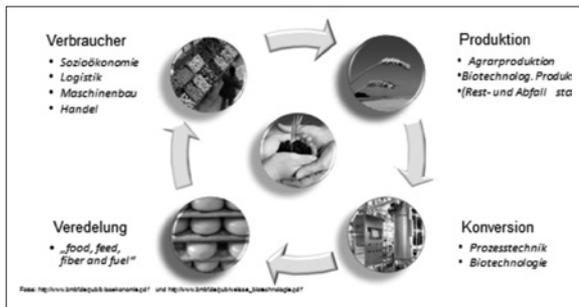


Abbildung 6: Wertschöpfung Bioökonomie

Jedoch ist es nicht damit getan, die Rohstoffbasis von fossil auf nachwachsend umzustellen und Biomasse für industrielle Anwendung zu nutzen. Es reicht auch nicht, das biologische Wissen durch einzelne Innovationen in die vorhandenen Prozesstechniken zu integrieren. Um den genannten Herausforderungen begegnen zu können, muss ein Strukturwandel gelingen, der ökonomisches Wachstum und ökologische Verträglichkeit miteinander verknüpft.

Dafür müssen wir systemisch denken und berücksichtigen, dass die einzelnen Aspekte unmittelbar und mittelbar in Wechselwirkung treten. Das Leitprinzip der Bioökonomie ist der Aufbau einer Kreislaufwirtschaft, die im Sinne von Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit eine bestmögliche Verwertung von Rohstoffen und Stoffströmen – auch sektorübergreifend – ermöglicht.

Die Entwicklung neuer Technologien und Verfahren für die Bioökonomie und eine nachhaltige Wirtschaft tragen zur Schonung der Umwelt und zur Stärkung der ländlichen Räume bei. Beispielsweise können landwirtschaftliche Produktionsgebiete neues Wachstum erfahren, indem vor Ort Verarbeitungsmöglichkeiten und Veredelungskapazitäten geschaffen werden.

Die Nutzungswege von Biomasse (Nahrung, stofflich-industriell bzw. energetisch) sind in ihren Wechselwirkungen zu betrachten, um Konkurrenzen zu erkennen und Prioritäten auf globaler, nationaler und regionaler Ebene zu setzen. Die Ernährungssicherheit genießt dabei stets Vorrang. Zudem sind Produkte mit

einem höheren Wertschöpfungspotenzial zu bevorzugen. Wo möglich und sinnvoll, ist eine Kaskaden- und Koppelnutzung von Biomasse vorzuziehen, wie sie z.B. in Bioraffinerien angelegt ist. Durch die intelligente Verknüpfung von Wertschöpfungs- bzw. Prozessketten können u. U. mögliche Konkurrenzen der Nutzungswege entschärft und Innovationspotenziale erschlossen werden.<sup>12</sup>



Abbildung 6: Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030

Die Aufgabe eines Forschungsministeriums ist es, frühzeitig Forschungsthemen für die Bioökonomie zu besetzen, um langfristig Lebensqualität und die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zu sichern.

Aus Forschung und Entwicklung resultieren neue Erkenntnisse, die zu neuen Verfahren führen, sowohl bei der nachhaltigen Produktion von Biomasse wie bei ihrer Verarbeitung zu Lebensmitteln und Industrietrostoffen. Dabei geht es nicht nur um Technologieförderung. Die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Fragestellungen und Lösungsansätzen erfordern auch systemische Analysen, die ein Forschungsministerium in Gang bringen kann.

Daher wurde 2010 unter Federführung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gemeinsam mit sechs weiteren Bundesministerien<sup>13</sup> und in konstruktivem Dialog mit dem Bioökonomierat die

<sup>12</sup> Politikstrategie Bioökonomie, 2013 ([http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BioOekonomiestrategie.pdf?sessionid=51F3053499B286BEA80E20CB3B8C1339\\_2\\_cid296?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BioOekonomiestrategie.pdf?sessionid=51F3053499B286BEA80E20CB3B8C1339_2_cid296?__blob=publicationFile))

<sup>13</sup> mit den damaligen Bundesministerien BMELV, BMWi, BMU, BMZ, BMG, BMI

„Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ auf den Weg gebracht.

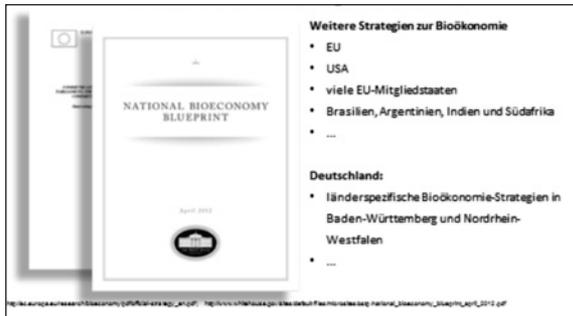


Abbildung 8: Die Bioökonomie gewinnt an Fahrt!

Deutschland war einer der ersten Mitgliedstaaten der Europäischen Union mit einer nationalen Bioökonomie-Strategie. Mittlerweile hat die Bioökonomie weltweit an Bedeutung gewonnen. 2012 veröffentlichten die Europäische Kommission eine „Strategie für nachhaltige Bioökonomie in Europa“ und die USA ihre „nationale Blaupause für eine Bioökonomie“. Eine Vielzahl von EU-Mitgliedstaaten sowie aufstrebende Nationen wie Brasilien, Argentinien, Indien und Südafrika haben eigene Bioökonomie-Strategien entwickelt oder stehen kurz davor.

Auch in Deutschland sind parallel zur Nationalen Forschungsstrategie in einigen Bundesländern beispielsweise Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen länderspezifische Bioökonomie-Strategien veröffentlicht worden. In Weiteren wird derzeit an entsprechenden Konzepten gearbeitet.

Sie sehen also, meine Damen und Herren: Die Bioökonomie gewinnt an Fahrt.

Aber, um einen gesamtgesellschaftlichen Strukturwandel, der naturwissenschaftlich-technisches Wissen, ökonomisches Wachstum und ökologische Verträglichkeit miteinander verknüpft erfolgreich zu gestalten brauchen wir an der Schnittstelle zur Forschungspolitik weitere politische Rahmenbedingungen und Handlungsfelder: in den Bereichen der In-

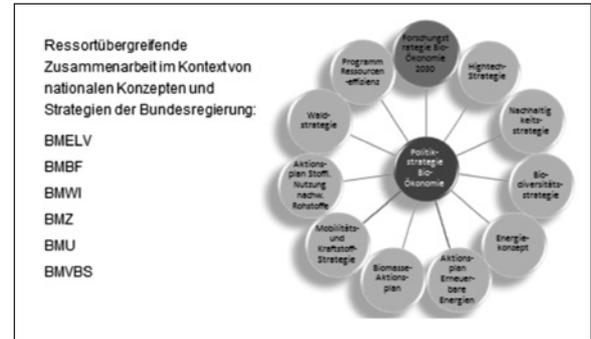


Abbildung 9: Kohärente Politikgestaltung in der Bioökonomie

dustrie- und Energiepolitik, der Agrar-, Forst- und Fischereipolitik sowie der Klima- und Umweltpolitik.

Der Fokus der 2013 unter Federführung des BMEL verabschiedeten Politikstrategie liegt daher auf den politischen Handlungsoptionen. Hierzu brauchen wir eine kohärente Politikgestaltung in der Bioökonomie und eine ressortübergreifende Zusammenarbeit. Dies brauchen wir nicht zuletzt, um Zielkonflikte zu lösen, die vorrangig durch Flächenkonkurrenzen der unterschiedlichen Nutzungspfade von Biomasse entstehen.

*Dr. Dr. h.c. Christian Patermann, Bonn*



Abbildung 10: IMAG – Interministerielle Arbeitsgruppe Bioökonomie

Zu diesem Zweck wurde eine „Interministerielle Arbeitsgruppe Bioökonomie“ etabliert, die den

Informationsaustausch und die Abstimmung der Politiken der Ressorts der Bundesregierung mit Bezug zur Bioökonomie unterstützt und die Bioökonomiestrategie fortentwickelt.

Die Arbeitsgruppe wird dazu einen Fortschrittsbericht erarbeiten und sich darüber hinaus mit weiteren Fragen befassen, wie z.B. Monitoring und der Durchführung einer Folgenabschätzung unter volkswirtschaftlichen Aspekten.

Die Arbeitsgruppe soll weiterhin einen offenen Dialog mit dem Bioökonomierat der Bundesregierung führen, den Austausch mit dem Parlament unterstützen und auch als Bindeglied zu den Ländern fungieren.

Sie koordiniert die Öffentlichkeitsarbeit zur Bioökonomie und wird eigene Gespräche und Dialoge mit gesellschaftlichen Gruppen führen.



Abbildung 11: Bioökonomierat

Bei der anspruchsvollen Aufgabe zur Etablierung der Bioökonomie und zur Verankerung der Bioökonomie in der Gesellschaft ist es der Bundesregierung wichtig, frühzeitig die richtigen Weichen zu stellen. Die Bundesregierung lässt sich daher von einem unabhängigen fachübergreifenden Expertengremium, dem Bioökonomierat, beraten, der im Januar 2009 eingerichtet und seit September 2012 in einer zweiten Arbeitsphase fortgeführt wurde und der Bundesregierung in dieser Zeit wichtige Empfehlungen und Impulse für die Etablierung der Bioökonomie

gegeben hat. Daher möchte ich an dieser Stelle die Gelegenheit nutzen und den Mitgliedern des Bioökonomierates aus der ersten bzw. der aktuellen Phase ausdrücklich für ihre Mitarbeit und ihr Engagement danken. Dabei spreche ich zuerst die beiden weiteren Redner dieser ersten Vortragsrunde, Herrn Professor Hüttl und Herrn Doktor Patermann an, bevor ich die weiteren bei dieser Veranstaltung anwesenden Mitglieder des Bioökonomierates begrüße: den jetzigen Vorsitzenden des Rates Herrn Professor von Braun, sowie Frau Professor Kögel-Knabner, Herrn Professor Isermeyer und Herrn Professor Schwerin.

Die Etablierung einer wissensbasierten Bioökonomie, die mit vielfältigen Politikfeldern und Interessen verbunden ist, ist eine gesamtgesellschaftliche Anstrengung. Sie erfordert einen wissensbasierten Dialog.

Aus diesem Grund wurden für diesen Bioökonomierat nicht nur Experten aus den Lebens- und Technikwissenschaften, sondern auch aus den Politik- und Gesellschaftswissenschaften benannt. Zielgerichtete Information und ein partizipativer Dialog mit der Öffentlichkeit und Akteuren der Bioökonomie aus Wissenschaft und Wirtschaft sollen dazu beitragen, gesellschaftliche Anforderungen an die Entwicklung der Bioökonomie zu formulieren. Wir müssen die Aufgeschlossenheit für biobasierte Produkte und Innovationen stärken.



Abbildung 12: Bioökonomierat

In der ersten Phase hat der Bioökonomierat wichtige Impulse für die Forschungsstrategie der Bundesregierung, zur nachhaltigen Ressourcennutzung, zur Sicherung der Ernährung und zur Forschungsinfrastrukturen gegeben.

In der aktuellen Phase ist es nun seine Aufgabe die Umsetzung der wissenschaftlichen Bioökonomie zu begleiten und bei aktuellen Entwicklungen Empfehlungen an die Politik zu erarbeiten. Die sozioökonomischen Aspekte einer wissenschaftlichen Bioökonomie, die Begleitung des notwendigen Transformationsprozesses und die Beratung und Unterstützung der Bundesregierung bei der stärkeren Abstimmung und Vernetzung der verschiedenen bioökonomisch relevanten Politikbereiche sollen daher ein Schwerpunkt der Ratstätigkeit sein.

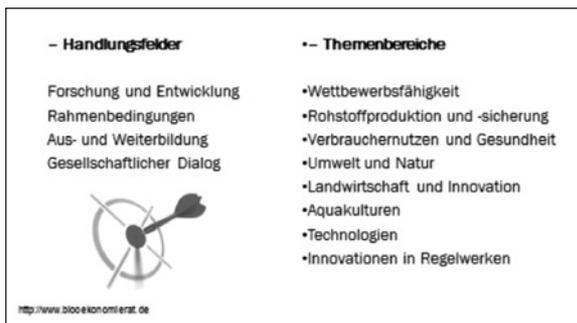


Abbildung 13: Aufgaben und Ziele des Bioökonomierates

Die Beratung des Bioökonomierates erstreckt sich auf die Handlungsfelder Forschung und Entwicklung, Rahmenbedingungen, Aus- und Weiterbildung sowie Gesellschaftlicher Dialog. Und die einzelnen Themenbereiche: Wettbewerbsfähigkeit, Rohstoffproduktion und -sicherung, Verbrauchernutzen und Gesundheit, Umwelt und Natur, Landwirtschaft und Innovation, Aquakulturen, Technologien sowie Innovationen in Regelwerken.

Zu den verschiedenen Handlungsfeldern und Themenbereichen hat der Rat bisher schon einige wichtige Empfehlungen und Positionspapiere erarbeitet und

viele weitere Publikationen sind aktuell in der Vorbereitung. Beispielhaft möchte ich hier nur das aktuelle Strategiepapier: „Positionen und Strategien des Bioökonomierates“, das in diesem Monat veröffentlicht wurde, nennen.<sup>14</sup>



Abbildung 14: Internationale Dimension der Bioökonomie

Aber auch mit der tatkräftigen Unterstützung des Rates es gibt noch viele offene Fragen auf dem Weg zur Bioökonomie.

Wie können wir Zielkonflikte zu lösen, die vorrangig durch Flächenkonkurrenzen der unterschiedlichen Nutzungspfade von Biomasse entstehen?

In Deutschland haben wir genug zu essen und wir erarbeiten Überschüsse in der Landwirtschaft. Aber global gesehen sind immer noch etwa eine Milliarde Menschen unterernährt. Wie können wir vor diesem Hintergrund landwirtschaftliche Produkte für Industrie und Energie einsetzen?

Und wie beantworten wir die Frage des Ressourceneinsatzes, wenn beschränkte Landflächen, Wasserquellen oder Arbeitskräfte für andere Zwecke als Ernährung eingesetzt werden sollen?

Wir erwarten, dass die Industrie die bioökonomischen Möglichkeiten ausschöpft und damit bestehende, rentable Verfahren, die auf Erdöl und Erdgas basieren, aufgibt. Aber welche Anreize gibt es für die Industrie, wenn es keine finanziellen sind?

<sup>14</sup> „Positionen und Strategien des Bioökonomierates“, Bioökonomierat Mai 2014

Die beiden vorherigen Fragen machen sofort die internationale Dimension der Bioökonomie deutlich. Wie sollten wir uns mit Partnern in Europa und außerhalb abstimmen? Welche Wettbewerbschancen hat Deutschland, welche Verantwortung?

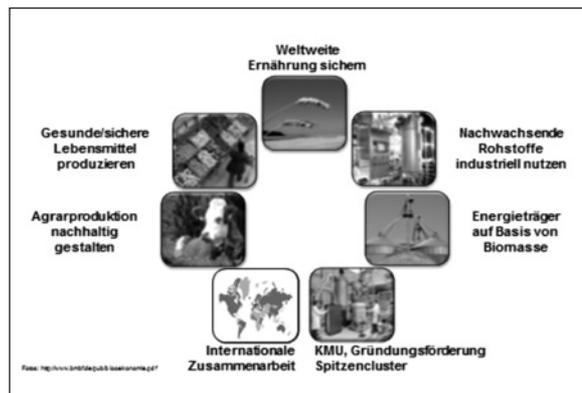


Abbildung 15

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat im Rahmen der Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030, und in Abstimmung mit dem BMEL, bereits eine Vielzahl von Förderaktivitäten zur Erarbeitung konkreter Lösungsansätze zur Beantwortung dieser Fragen und zur Etablierung einer wissensbasierten Bioökonomie auf den Weg gebracht, die sich inhaltlich an den fünf zentrale Handlungsfeldern der Strategie orientieren:

- weltweite Ernährung sichern,
- Agrarproduktion nachhaltig gestalten,
- gesunde und sichere Lebensmittel produzieren,
- nachwachsende Rohstoffe industriell nutzen und
- Energieträger auf Basis von Biomasse ausbauen.

Sowie an den Querschnittsthemen Technologietransfer und internationale Zusammenarbeit.

Wesentliche Bemühungen des BMBF richteten sich darauf, neue Forschungsimpulse für mehr Nachhaltigkeit im Agrarsektor zu setzen.

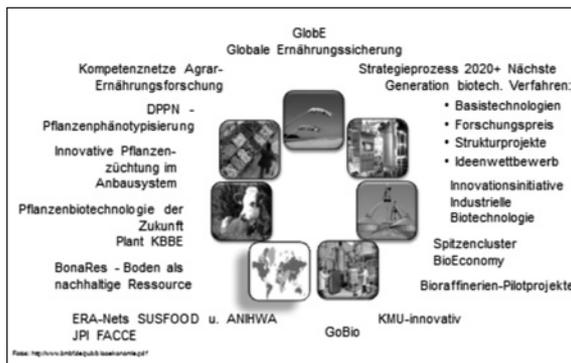


Abbildung 16

Beispielhaft möchte ich hier dazu die folgende Fördermaßnahmen nennen:

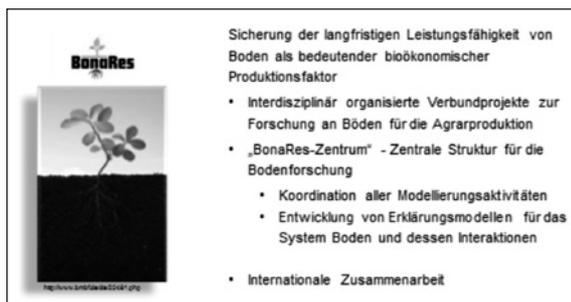


Abbildung 17: BonaRes – Boden als nachhaltige Ressource

Zum ersten die Fördermaßnahme „*BonaRes – Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie*“, eine Maßnahme, in der Wirtschaft und Wissenschaft aufgerufen sind, wissensbasierte Konzepte zu einem nachhaltigen Nutzungsmanagement fruchtbarer Böden zu erarbeiten. Ziel ist die Sicherung der langfristigen Leistungsfähigkeit von Boden als bedeutender bioökonomischer Produktionsfaktor.

Gefördert werden sollen Interdisziplinär organisierte Verbundprojekte zur Forschung an Böden für die Agrarproduktion.

Zusätzlich soll es ein „BonaRes-Zentrum“ als zentrale Struktur für die Bodenforschung geben, das zur Aufgabe haben wird alle Modellierungsaktivitäten zu koordinieren, Erklärungsmodellen für das System Boden und dessen Interaktionen zu entwickeln und die internationale Zusammenarbeit zu fördern.

Aktuell sind wir bei dieser Maßnahme in der Begutachtungsphase, so dass ich hier leider noch keine Namen und Organisationen nennen kann.

**Pflanzenbiotechnologie als wichtiger Beitrag zur Effizienzsteigerung von Züchtungsverfahren**

- Transfer der Erkenntnisse der Pflanzen genomforschung in die züchterische Praxis für alle Formen der Biomasseproduktion (konventionelle Landwirtschaft, Landwirtschaft mit gentechnisch verbesserten Sorten und ökologischer Landbau)
  - gezielte Entwicklung leistungsfähiger Pflanzen mit kombinierten Eigenschaften
  - gezielte Entwicklung widerstandsfähiger Pflanzen für neue Ansätze im Pflanzenschutz
  - Nachhaltigere Ausgestaltung der Pflanzenproduktion

Plant KBBE Call 4

Abbildung 18: Pflanzentechnologie der Zukunft und Plant KBBE

In Pflanzenbiotechnologie der Zukunft werden innovative Ansätze der Pflanzenforschung und -züchtung zur Steigerung der Erträge in einem nachhaltigen Anbau als existenzielle Basis für eine biobasierte Wirtschaft beforscht. Die Pflanzenbiotechnologie kann einen wichtigen Beitrag zur Effizienzsteigerung von Züchtungsverfahren leisten.

Ziele dieser Maßnahme sind:

- Der Transfer der Erkenntnisse der Pflanzen genomforschung in die züchterische Praxis für alle Formen der Biomasseproduktion (konventionelle Landwirtschaft, Landwirtschaft mit gentechnisch verbesserten Sorten und ökologischer Landbau)
- Die gezielte Entwicklung leistungsfähiger Pflanzen mit kombinierten Eigenschaften
- Die gezielte Entwicklung widerstandsfähiger Pflanzen für neue Ansätze im Pflanzenschutz
- Sowie die nachhaltigere Ausgestaltung der Pflanzenproduktion

Hierzu laufen ca. 150 Einzelvorhaben.

**Erfassung der quantitativen Biologie von Struktur und Funktion von Pflanzen in Abhängigkeit von Entwicklung und Umwelt**

Aufbau der infrastrukturellen und wissenschaftlichen Basis an drei Standorten (FZ Jülich, IPK Gatersleben, Helmholtz Zentrum München)

Abbildung 19: DPPN – Deutsches PflanzenPhänotypisierungsnetzwerk

Mit dem Deutschen Pflanzenphänotypisierungsnetzwerk DPPN haben wir hierzu eine wichtige Infrastruktur, die zurzeit an drei Standorten aufgebaut wird geschaffen. Ziel hier ist die Erfassung der quantitativen Biologie von Struktur und Funktion von Pflanzen in Abhängigkeit von Entwicklung und Umwelt. Im Rahmen von DPPN werden u.a. mechanistische, Hochdurchsatz und Feld-Phänotypisierungsmethoden in unterschiedlichen Technologieplattformen etabliert, um Merkmale von Wurzeln, Spross und Samen, sowie phytopathologischer Prozesse erfassen zu können. Darüber hinaus werden, auch in Interaktion mit Nutzern aus Wissenschaft und Industrie, neue Phänotypisierungstechnologien entwickelt. Auch die Aus- und Weiterbildung im Bereich Pflanzenphänotypisierung wird beim DPPN in einem Modul Education unterstützt.

Ich erwähne die Aus- und Weiterbildung hier ausdrücklich, um an dieser Stelle auf den für das BMBF und die Bioökonomieförderung wichtigen Stellenwert der Aus- und Weiterbildung von Fachkräften – auf allen Bildungsebenen – hinzuweisen. Bildungs- und Forschungspolitik sind eng miteinander zu verzahnen, damit Deutschland im globalen Wettbewerb bei der Konkurrenz um die besten Köpfe für die Etablierung einer wissensbasierten Bioökonomie gut aufgestellt und kompetitiv ist.

Das BMBF will mit der Förderinitiative „Innovative Pflanzenzüchtung im Anbausystem (IPAS)“ In-

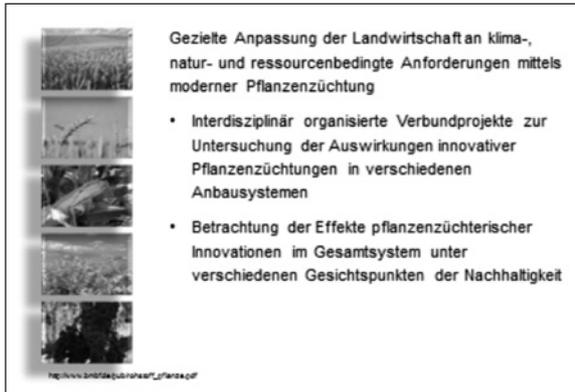


Abbildung 20: IPAS – Innovative Pflanzenzüchtung im Anbausystem

novationen der modernen Pflanzenzüchtung für die praktische Anwendung in der Landwirtschaft nutzbar machen. Dabei sollen für wichtige, mittels moderner Pflanzenzüchtung entwickelte Kulturpflanzen, Anbaubedingungen und -systeme für verschiedene regionale und klimatische Anforderungen verglichen werden. In den im Rahmen von IPAS ab Sommer 2014 geförderten Verbundprojekten sollen im Rahmen systemischer Ansätze von interdisziplinären wissenschaftlichen Teams Definitionen und vergleichbare Bewertungskriterien und -methoden für die Nachhaltig-



Abbildung 21: AgroClustEr– Kompetenznetze in der Agrar- und Ernährungsforschung

tigkeit und die Leistungseigenschaften pflanzenzüchterischer Innovationen in verschiedenen pflanzlichen Anbausystemen entwickelt werden. Auf einer solchermaßen verbesserten Wissensgrundlage können dann für den Landwirt faktenbasierte Entscheidungshilfen abgeleitet werden, die einen entscheidenden Beitrag zur Bewertung der Vor- und Nachteile moderner Pflanzenzüchtung im jeweiligen Anbausystem leisten können.

Mit den fünf „AgroClustEr“ Kompetenznetzen in der Agrar- und Ernährungsforschung schließlich haben wir den Aufbau einer international wettbewerbsfähigen sowie in der Grundlagenorientierung und im Anwendungsbezug exzellenten Agrar- und Ernährungsforschungsinfrastruktur initiiert:

- FoCUS – Food Chain Plus: Wertschöpfungskette von Lebensmitteln
- Synbreed – Innovationscluster synergistische Pflanzen- und Tierzüchtung
- PHÄNOMICS – systembiologischer Ansatz zur Genotyp-Phänotyp-Abbildung bei den Nutztieren Rind und Schwein
- CROP.SENSE.net – Komplexe Sensorik für Nutzpflanzenforschung, Züchtung und Bestandessteuerung
- WeGa – Wertschöpfungskette Gartenbau – Ressourceneffizienz und Qualitätssicherung im Gartenbau

Wie sie sehen konnten, gewinnt die Bioökonomie, gerade auch im Agrarbereich an Fahrt, aber trotzdem sind auf dem Weg zu einer wissensbasierten Bioökonomie noch sehr viele Fragen zu beantworten.

Um den Eingangs genannten Herausforderungen im Hinblick auf die sich ändernden Umwelt- und Klimabedingungen, die Verfügbarkeit fossiler Ressourcen, die steigenden Bevölkerungszahlen und den damit steigenden Bedarf an nachwachsenden Ressourcen für die Ernährung sowie eine stoffliche und energetische Nutzung erfolgreich zu begegnen, brauchen wir als Basis eine klimaverträgliche, resiliente, d. h. sich an verändernde Klimabedingungen

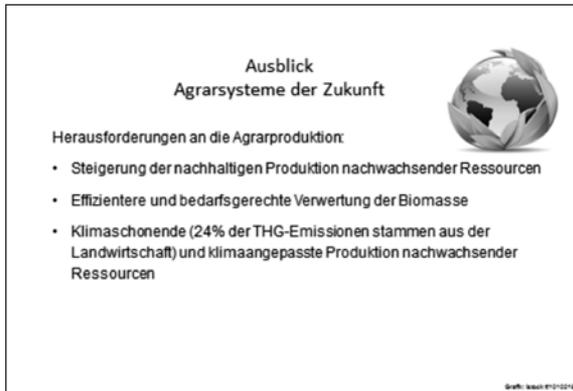


Abbildung 22: Ausblick – Agrarsysteme der Zukunft

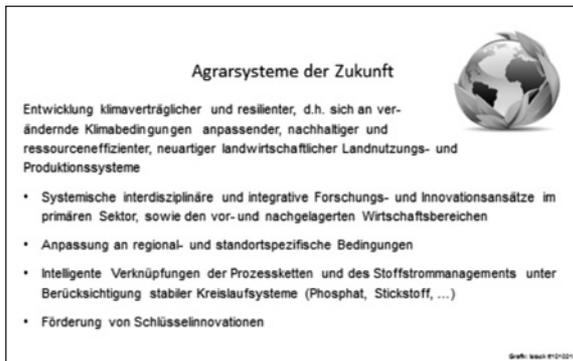


Abbildung 23: Agrarsysteme der Zukunft

anpassende, nachhaltige und ressourceneffiziente Produktion von Biomasse.

Die Agrarproduktion ist nicht nur ein großer Verursacher der genannten zentralen Zukunftsprobleme – immerhin stammen laut Weltklimarat 24% der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft<sup>15</sup> – sondern sie hat auch zugleich ein großes Potenzial sich durch Forschung und Innovation und mehr Nachhaltigkeit in der Produktion sowie einer ausreichenden Berücksichtigung

<sup>15</sup> Working Group III contribution to the IPCC 5th Assessment Report „Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change“ Final draft Report (17 December 2013)

sichtigung entsprechender Agrarumweltmaßnahmen, als innovative Zukunftsbranche zu etablieren. Die Agrarproduktion in der Bioökonomie hat die Chance CO<sub>2</sub>-neutral oder sogar mit negativen Emissionen zu arbeiten, wenn CO<sub>2</sub> z.B. in stofflich-industriell genutzter Biomasse gebunden ist.

Bei der Entwicklung zukunftsfähiger Agrarsysteme gilt es Gegensätzlichkeiten zwischen den heute existierenden und oftmals konkurrierenden Landwirtschaftssystemen zu überwinden und durch Kombination geeigneter oder neuer Faktoren leistungsstarke Agrarsysteme mit einem besseren Stoffstrommanagement und stabilen Kreislaufstrukturen (z.B. für Phosphat und Stickstoff) zu entwickeln.<sup>16</sup>

Ziel ist es die nachhaltige Produktion biobasierter Rohstoffe zu steigern und die produzierte Biomasse effizient und bedarfsgerecht zu verwerten.<sup>17</sup>

Für die zweite Halbzeit der nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 plant das BMBF daher, in Abstimmung mit den weiteren an der Bioökonomie beteiligten Ressorts, hierzu verschiedene Fördermaßnahmen unter dem Dachkonzept „Agrarsysteme der Zukunft“.

Dabei sind Nachhaltigkeit, Widerstandsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit innovativer neuartiger landwirtschaftlicher Produktionssysteme entlang der zunehmend vernetzten Wertschöpfungsketten zu steigern, die Innovationskraft der deutschen Agrarforschung zu stärken und die Entwicklung entsprechender Schlüsselinnovationen zu fördern.

Um diese forschungspolitischen Ziele auf konkrete Forschungsansätze und Themenbereiche herunter zu brechen, haben wir zu einigen ausgewählten Aspekten zukünftiger Agrarsysteme schon wichtige Ideen und Impulse bzw. substantielle Anregungen in verschiedenen Fachgesprächen eingeholt. Einige der diskutierten Themen im Bereich Pflanzenforschung, Tierhaltung, und innovativen Kreislaufsystemen, wie Vertical Farming, möchte im Folgenden kurz nennen:

<sup>16</sup> adelphi | Borderstep · Transformation zu einer Green Economy, 2013

<sup>17</sup> Bioökonomie Politikempfehlungen für die 18. Legislaturperiode, Bioökonomierat 2013

Themenbeispiele

**Pflanzenforschung**

- (Weiter)Entwicklung leistungs- und widerstandsfähiger Kulturpflanzen mit hohem Qualitäts- und Ertragsniveau (u.a. Prädiktive Züchtung, Ressourceneffizienz als Zuchtziel)
- Wahrung der Biodiversität als Naturressource und als Ressource für zukünftige Entwicklungen (Funktionelle Biodiversität und ihre Potentiale für die Pflanzenzüchtung)
- Bioinformatik, Biostatistik und Datenmanagement

**Tierhaltung**

- Nachhaltige Nutzung begrenzter natürlicher Ressourcen entlang der gesamten Wertschöpfungskette (u.a. Verbesserung des Futterbaus und der Futterlagerung, bedarfsgerechte Tierernährung, innovative Tierhaltungsverfahren, Züchtung robuster, anpassungs- und leistungsfähiger Tiere)
- Entwicklung innovativer Verfahren zur Erzeugung alternativer Nahrungsquellen



Abbildung 24: Themenbeispiele Pflanzenforschung, Tierhaltung

### Pflanzenforschung:

- Weiterentwicklung leistungs- und widerstandsfähiger Kulturpflanzen mit hohem Qualitäts- und Ertragsniveau, (u.a. Prädiktive Züchtung, Ressourceneffizienz)
- Wahrung der Biodiversität als Naturressource und Nutzung als Ressource für zukünftige Entwicklungen (Funktionelle Biodiversität und ihre Potentiale für die Pflanzenzüchtung)
- Bioinformatik, Biostatistik und Datenmanagement

### Tierhaltung

- Nachhaltige Nutzung begrenzter natürlicher Ressourcen entlang der gesamten Wertschöpfungskette (u.a. Verbesserung des Futterbaus und der Futterlagerung, bedarfsgerechte Tierernährung, innovative Tierhaltungsverfahren, Zucht robuster, anpassungs- und leistungsfähiger Tiere mit hoher Futtermittelverwertung)
- Entwicklung innovativer Verfahren zur Erzeugung alternativer Nahrungsquellen

Agrarsysteme der Zukunft

Fachgespräche/Workshop: Herbst 2014



Foto: BfL, Fraunhofer IPT, BMBWF

Diskussion weiterer Themen, z.B.

Acker- und Pflanzenbau (u.a. multifunktionelle Landwirtschaft, Agroforstsysteme), Sensorik, Präzisionslandwirtschaft, Tierzucht, Tierernährung und -haltung, Bodenkunde, Düngung, Abwasser- und Abfallmanagement, Kreislaufwirtschaft, Stoffstrommanagement, LCA, Agrarsystemdienstleistungen, Bioinformatik (u.a. Modellierung, Multi-Agentensysteme), Agrarökonomie und -soziologie...

Abbildung 25: Agrarsysteme der Zukunft

Themenbeispiele

**Vertical Farming**

- Entwicklung alternativer Produktionsformen mit geringerer Flächenbeanspruchung und geschlossenen Kreislaufsystemen (u.a. Machbarkeitsstudien zu den Technologie- und Marktpotenzialen, Technologieentwicklung).



Quelle: www.ift12146

Abbildung 26: Themenbeispiele Vertical Farming

### Vertical Farming

- Entwicklung alternativer Produktionsformen mit geringerer Flächenbeanspruchung und geschlossenen Kreislaufsystemen (u.a. Machbarkeitsstudien zu den Technologie- und Marktpotenzialen, Technologieentwicklung).

## Agrarsysteme der Zukunft

Fachgespräche/Workshop: Herbst 2014



Diskussion weiterer Themen, z.B.

Acker- und Pflanzenbau (u. a. multifunktionelle Landwirtschaft, Agroforstsysteme), Sensorik, Präzisionslandwirtschaft, Tierzucht, Tierernährung und -haltung, Bodenkunde, Düngung, Abwasser- und Abfallmanagement, Kreislaufwirtschaft, Stoffstrommanagement, LCA, Agrarsystemdienstleistungen, Bioinformatik (u. a. Modelling, Multi-Agentensysteme), Agrarökonomie und -soziologie...

Abbildung 27: Agrarsysteme der Zukunft, Fachgespräche/Workshop Herbst 2014

Um darüber hinaus weitere Themen zu diskutieren (z. B. aus den Bereichen Acker- und Pflanzenbau, multifunktionelle Landwirtschaft, Agroforstsysteme, Sensorik, Präzisionslandwirtschaft, Tierzucht, Tierernährung und -haltung, Bodenkunde, Düngung, Abwasser- und Abfallmanagement, Kreislaufwirtschaft, Stoffstrommanagement, LCA, Agrarsystemdienstleistungen, Bioinformatik, Modelling/Multi-Agentensysteme, Agrarökonomie und -soziologie...) und um möglichst viele Ideen und Impulse in die Entwicklung eines schlagkräftigen Konzeptes einbinden zu können, möchten wir im Herbst zum Themenkomplex

„Agrarsysteme der Zukunft“ einen Workshop durchführen, zu dem wir zeitnah einladen werden.

Sie sehen, meine Damen und Herren, es ist uns wichtig, die Agrarproduktion an die zukünftigen Herausforderungen auszurichten. In einer Welt, die ihren Kohlenstoff hauptsächlich aus der Atmosphäre bezieht, kommt dem Agrarsektor eine Schlüsselrolle zu. Wir möchten dazu die modernste Wissenschaft einsetzen, Disziplinen vernetzen und Innovationen fördern.

## Diskussion



BAHR, HOHENHEIM (MODERATOR)

Wir haben an der Universität Hohenheim jetzt die Bioökonomie als Leitforschungsthema etabliert und der dazugehörige Masterstudiengang wird entsprechend noch eingerichtet.

Meinen Sie, dass das eine angemessene Reaktion auf das gesellschaftliche Anforderungsprofil zum einen aber auch auf ihre Programme zum anderen ist?

ANTWORT

Erst mal bin ich natürlich sehr erfreut, wenn dieses Thema hier so aufgegriffen wird, dass die Universität sagt, dass es für uns insgesamt eine Vision ist, die wir gerne unterstreichen. Ich muss aber sagen, wenn wir über Green economy sprechen, dann ist Green economy – wir diskutieren das ja auch bei uns – nur ein Teil davon. Es ist natürlich auch eine Energiefrage. Bioökonomie wird zur Energiegewinnung etwas beitragen können, außer der Biomasse, die da ist. Die wir vielleicht aus Restmasse verwenden können. Es gibt viele andere Bereiche. Was ich aber sehr gut finde, ist die Ausrichtung der jungen Wissenschaftler auf diesen Punkt. Wir brauchen dieses Verständnis. Bei eigentlich allen Akteuren in den verschiedenen Branchen, die ich da genannt habe. Also die Branchen Verkehr, Transport, Ernährung sowieso, Bauindustrie. Da muss irgendwann auch klar sein, es gibt neue Potentiale. Die Potentiale müssen wir ausprobieren. Wir reden tatsächlich über eine Transformation, die auf wirtschaftlicher Basis basieren wird, sie wird kommen. Wir denken sie wird kommen, und sie wird

ausgerichtet sein auch in Richtung Nachhaltigkeit. Das wird die große Herausforderung. Ich begrüße das sehr, dass Sie da etwas tun. Mit dem Provisor, ob das für alle, also für die Mathematik, EDV, Physik oder die geistigen Wissenschaften, das kann ich nicht sagen.

KALM, KIEL

Ich bin ein Vertreter der Tierzuchtwissenschaft und habe mich gewundert, dass in ihrem ersten Plan – Darstellung mit dem Kreis – dass dort überhaupt keine Nutztiere auftauchen. Das finde ich schon etwas merkwürdig. Die Landwirte/Tierhalter verdienen ihr Geld zu 60% hauptsächlich mit der Tierhaltung. Und unsere Experten in den Ministerien, nehmen das gar nicht wahr und außerdem fehlt die Ernährung auch in der Darstellung. Sehen Sie Möglichkeiten dies zu ergänzen bzw. zu erweitern? Hier besteht aktueller Handlungsbedarf. Die aufgeführten Programme, wie Synbreed und Phaenomics, laufen in Kürze aus. Haben die Tierleute zu wenig Lobby-Arbeit geleistet? Ich würde empfehlen Pflanze und Nutztiere gleichrangig entsprechend zu behandeln, wie es die Wirtschaft auch möchte. Ich kenne nicht die Ursachen, warum die Tiere nicht entsprechend aufgenommen wurden. Vielleicht können sie dies mitteilen.

ANTWORT

Zu den Ursachen kann ich wenig sagen. Natürlich haben wir das erkannt. Es gibt sicherlich Förderung auch in dem Bereich. Auf meinen letzten Folien ha-

ben sie hoffentlich gesehen, dass Tiere da drauf stehen. Die EU hat u. a. Programme zum Tierwohl gestartet. Ich lade sie gern ein Herr Kalm. Sie sind mein erster Gast auf dem Workshop.

BREVES, HANNOVER

Ich würde mich eigentlich gern anschließen, an das was Herr Bahrs eben schon gesagt hat. Sie haben ja bei der Folie, auf der sie uns die Erstellung der nationale Forschungsstrategie 2030 gezeigt haben, auch gezeigt, wer eigentlich alles beteiligt war. Es ist klar, das ist einmal die politische Ebene, es sind die Großforschungseinrichtungen, staatliche Forschungseinrichtungen. Was nach meinem Verständnis eigentlich auf dieser Ebene zu kurz gekommen ist, so wie ich es wahrgenommen habe, ist der gesamte Bereich der universitären Forschung.

Sie merken daraus, ich bin ein passionierter Anhänger universitärer Forschung, und ich glaube auch unter dem Aspekt, den ja Herr Bahrs schon angedeutet hat für das Beispiel der Uni Hohenheim, wenn Universitäten darüber nachdenken, neue Studiengänge zu kreieren, dient dieses ja auch dafür, für einen neu formulierten Bereich eigentlich den entsprechenden wissenschaftlichen Nachwuchs zu liefern. Aber das bedeutet doch auch, dass in der originären Formulierung solcher Strategien eigentlich die Universitäten in breiter Ebene ein ganz maßgeblicher Bestandteil solcher Initiativen sein müssen und nicht erst dann, wenn es um die Bewerbung von Forschungsnetzwerken geht.

ANTWORT

Universitäten sind natürlich genau so präsent in unseren Fachgesprächen wie Forschungseinrichtungen. Da gibt es überhaupt keinen Zweifel. Ich will noch einmal auf die Frage eingehen, auch hier Forschung und Ernährungsforschung. Das, was wir ständig diskutieren, ist auch die Frage, wer ist für was zuständig in der Bundesregierung. Und sie wissen ja, das Landwirtschaftsministerium hat im Bereich Tierforschung einiges getan in letzter Zeit. Wir haben viele Gespräche mit denen geführt und gefragt, so wo ist

jetzt der Bedarf darüber hinaus und es ist die Frage des Bedarfs, die uns richtig treibt. Also, wenn da gute Argumente kommen, dann werden wir auch aktiv werden.

WINDISCH, FREISING

Alle diese Forschungsprogramme brauchen natürlich auch so etwas wie eine gesellschaftliche Akzeptanz. Wenn ich den Anfang des Vortrages von Herrn Patermann noch einmal in Erinnerung hole, da war ja eines der ersten Credos, nachhaltige Intensivierung, also Intensivierung der Produktion. Das ist ja etwas, was in der Öffentlichkeit gar nicht so gerne gesehen wird. Wie kann man die Forschungsprogramme, die sie vorgestellt haben, denn auch in der Öffentlichkeit so präsentieren, dass sie auch Akzeptanz finden?

ANTWORT

Ich denke, die beste Antwort dazu ist bereits in der Definition der Forschungsprogramme. Man muss schauen, dass man diese Überlegung mitnimmt. Was macht dann wirklich Sinn? Und das was Sinn macht, muss man auch transportieren können. Wir werden versuchen, auf unserer Halbzeitkonferenz einiges dazu zu machen. Sie sind also alle herzlich eingeladen.

5. Juni, wenn sie gucken Bioökonomie.de, Halbzeitkonferenz. Die Diskussion mit der Gesellschaft ist ein Hauptthema für uns derzeit. Wir versuchen, das weiter zu entwickeln. Wir sind ein gebranntes Kind durch die gesamte grüne Gentechnik das zuzuordnen. Die hat uns ja große Schwierigkeiten gemacht. Es sieht jetzt so aus, wenn wir der Presse glauben dürfen, dass das BMBF das einzige Ministerium noch ist, was sagt grüne Gentechnik ja, wenn dann Pflanzen, die von der EFSA geprüft wurden, dann sind die sicher. Dann gibt es ja nichts dagegen zu sagen. Da werden wir demnächst wohl alleine stehen und wahrscheinlich auch einknicken müssen. Das hat gezeigt, es ist wichtig, die Bevölkerung zu informieren, um sie mitzunehmen. Ich freue mich sehr, dass inzwischen der Bioökonomierat dieses Thema angenommen hat. Der Bioökonomierat hat einige Dialogveranstaltungen schon durchgeführt und plant weitere. Das

ist ein Gremium, was nicht Partei ist. Im Bioökonomierat sind Personen vertreten, mit ganz anderen Hintergründen, die nicht unbedingt die Bundesregierung sind, die sagt, das muss jetzt gemacht werden, sondern die auf Diskussionen eingehen können. Das ist uns sehr wichtig. Wir werden in Zukunft auch Aktivitäten fördern in diesem Sinne. In Vorbereitung haben wir Fördermaßnahmen, die ich dargestellt habe, Gespräche wurden mit Kritikern zu solchen Technologien geführt und das war ein Aha-Erlebnis, die am Tisch zu haben und zu sehen. Die waren noch nie in einem Ministerium. Keiner hat bisher mit uns geredet und jetzt macht ihr das auf einmal, aber gleichzeitig die Hemmungen zu sehen. Aber wir können uns hier nicht einigen, das kriegen wir zu Hause nicht verkauft, aber die Gespräche bringen etwas. Wir versuchen langsam in kleinen Schritten, d.h. Schritt für Schritt diesen Weg zu gehen. Was sie sagen ist extrem wichtig. Kann die Bioökonomie wirklich stattfinden, wenn sie nicht akzeptiert ist oder wenn sie nicht verstanden wird. Die Frage ist: Wie machen wir es am besten?

SAUERBORN, HOHENHEIM

Ich wollte noch einmal zurückkommen zu ihrer ersten Folie, wo Sie das Klima angesprochen haben. Da hatten sie auch angesprochen, dass die upper high income sozusagen die höchsten Emissionen tätigen und die middle income sind mehr oder weniger stabil geblieben. Meine Frage: Könnte es auch daran liegen, dass die Situation sich jetzt so zeigt, dass wir hier als high income emissionsstarke Industrien ausgelagert haben. Denken wir an die Proteinwirtschaft beispielsweise, oder Düngemittelindustrie. Da verzerrt es vielleicht das Bild, und wir nehmen es so wahr, als wären wir die Saubermänner.

ANTWORT

Es ist absolut richtig. Da ist ein Faktor dabei. Ich hatte ursprünglich auch eine Folie dabei, die das erklärt. Da ist ein Anteil. Aber gleichzeitig ist das natürlich so, dass die Weltbevölkerung wächst und auch die Ansprüche wachsen und ein Interesse da ist, mehr zu konsumieren, um besser zu leben, sich zu bilden,

zu reisen und sonstige Dinge. Sie haben Recht. Ein Anteil ist dabei, den wir importieren aus solchen Ländern.

HORN, KIEL

Herzlichen Dank, dass Sie den Begriff Bodenkunde so klar aufgenommen haben. Das neue Programm, das finde ich ausgesprochen gut. Das entscheidet jetzt erst mal richtig verbal, was da drin ist. Von daher ist es der richtige Weg, den wir hier gehen. Die Bioökonomie muss natürlich auch etwas für die Zukunft tun und ich stehe jetzt nicht auf den Vergleich zwischen den einzelnen Fakultäten, was die einen tun und die anderen nicht. Herr Patermann hatte bereits gesagt, die Kluft zwischen Angebot und Nachfrage bzw. wo sind die Ertragsgrenzen und wo sind die Funktionen von Böden. Dieses müsste man auch in den Bioökonomie-Diskussionspunkt aufnehmen und vielleicht auch in die anstehenden Konferenzen ein bisschen mehr mit Blickrichtung auf die Grenzen, die durch den Klimawandel mit Böden hergestellt werden, das heißt sowohl was dann der atmosphärische Gasaustrag, also auch Grundwasserveränderung usw., was da so alles passiert. Das müsste massiv da mit rein, denn wir kommen ja mit der Urbanisierung an ein Thema, was dann auch noch mal Flächen verbraucht, 300 km<sup>2</sup> pro Tag in der Welt verlieren wir bei steigender Bevölkerung. Wir müssen die Dynamik Reduzieren in Richtung Stayability die Diskussion auch im Boden als Grundlage für Tierproduktion, als Grundlage der Pflanzenproduktion mit berücksichtigen. Da müssten wir noch bisschen mehr dran arbeiten. Im nächsten Jahr gibt es das internationale Jahr des Bodens, das erste Mal in der UNO verabschiedet worden. D.h. wir sollten uns ein bisschen bewegen und aktiv werden.

ANTWORT

Ich nehme dies als Anregung mit.

SCHWERIN, DUMMERSTORF

Sie haben in ihrem Vortrag schon auf einen Riesenerfolg der Bioökonomie hingewiesen. Durch die interministerielle Arbeitsgruppe Politikgestaltung, was in den vergangenen Jahren nicht selbstverständlich war. Wie sieht es aus mit der Forschungsförderung. Sie haben darauf hingewiesen, dass es Gespräche gibt zwischen den Ministerien, aber brauchen wir nicht, wenn wir wirklich die Schlagkraft der Bioökonomieforschung in Deutschland erhöhen wollen. Auch eine Forschungsförderung. Ein kleiner Kommentar dazu. Ich fand es etwas unglücklich unter Pflanzenzüchtung die Problematik Big Data und Bioinformatik zu platzieren, in der Tierzüchtung läuft ohne die großen Rechenzentren überhaupt nichts. Die Problematik besteht gerade auch im Tierzuchtbereich, es wäre schade, wenn die hier hinten runterfallen würde. Die Pflanzenzüchter haben bisher keine derartig zentralen Rechenstellen (letztes als Anmerkung).

ANTWORT

Es ist mir ein Anliegen, dass wir die Begriffe Pflanzen- und Nutztierforschung als geschlossene Systeme sehen, und nicht wirklich auseinander ziehen und sagen, dass sind einzelne Bereiche. Der Hauptansatz für Agrarsysteme der Zukunft ist, dass man die Dinge miteinander verbindet und sicherlich auch, dass man dann Datenstrukturen schafft, die man irgendwo hat, nicht nur für einen bestimmten Bereich öffnet, sondern dass man diese möglichst zusammenführt. Zu der Politik muss man natürlich immer sagen, es sind Bestrebungen, es sind Ansätze, die wir da haben, es gibt Projekte, die wir da auf den Weg bringen. Wir tun unser bestes.

FRAUEN, HOHENLIETH

Wir wissen, dass die Pflanzenzüchter das auch ganz gut genutzt haben. Wir haben ja auch schon Prügel bekommen dafür, lobende Worte der Tierärzte bzw. Tierzüchter. Aber die meisten Tiere fressen auch Pflanzen. Da finden wir dann auch einen guten Kompromiss. Meine Frage ist auch ein bisschen übergreifend zu den Tieren, aber auch zu den Mikroorganismen, und zwar die Zugangsrechte zu den genetischen Ressourcen. Sie kennen das Protokoll, das die Bundesregierung vereinbart hat. Das sehen wir Pflanzenleute mit großer Sorge, weil dort ein Bürokratiemonster auf uns zukommt, was sehr schwer zu bearbeiten sein wird. Ich hoffe, dass ihr Haus einiges dazu tun kann, dass weiterhin ein freier Zugang zu genetischen Ressourcen gestaltet wird oder zumindest, dass das Prozedere so ist, wie es im International Trade vereinbart ist für viele Kulturpflanzen, leider auch nicht für alle Kulturpflanzen. Ich weiß nicht wie das bei den Tierzüchtern aussieht und bei den Mikroorganismen, aber ich halte das für extrem wichtig, dass dort weiterhin ein freier Zugang herrscht und was wir Pflanzenzüchter mit dem Züchterprivileg im Gesetzestext haben, ist eigentlich ein vorbildlicher Vorgang. Der ist leider international nicht überall üblich, aber ja, praktisch die gute Sorte, über das Züchterprivileg jedem wieder zurück. Das ist eigentlich ein perfektes System. Da möchte ich ein kleines Plädoyer in diesem Kreis hier halten, was dann auch im Tierbereich und auch bei den Mikroorganismen so umgesetzt werden kann.

ANTWORT

Ich nehme dies als Anregung mit, kommen Sie auf unseren Workshop.

# Effiziente Biomasseerzeugung und -nutzung – Grundlage der bioökonomischen Wertschöpfung



Die Bioökonomie umfasst alle industriellen und wirtschaftlichen Sektoren und ihre dazugehörigen Dienstleistungen, die biologische Ressourcen produzieren, ver- und bearbeiten oder in irgendeiner Form nutzen (BioÖkonomieRat, 2009a). Zu den Grundpfeilern der Bioökonomie gehören auch Jahrtausende alte Verfahren des Anbaus von Nutzpflanzen und der Waldbewirtschaftung. Die Photosynthese, mit der Pflanzen Kohlendioxid binden, bildet die Grundlage des Lebens auf der Erde. Die dabei gebildete Biomasse ist die primäre Rohstoffbasis der Bioökonomie.

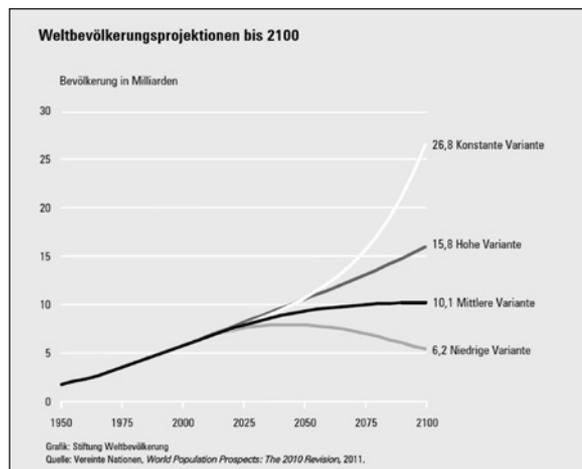


Abbildung 1: Prognose zur Entwicklung der Weltbevölkerung bis 2100

Dabei haben sich das Spektrum möglicher Nutzungsformen von Biomasse und die damit verbundenen Saatguttechnologien und Anbauverfahren in den letzten Jahrzehnten dramatisch gewandelt. Neben signifikanten Ertragssteigerungen für die traditionelle Bereitstellung von Grundnahrungs- und Futtermitteln spielt die stoffliche Verwertung der Biomasse für energetische und chemische Zwecke eine zunehmend größere Rolle. In diesem Gefüge konkurrierender Nutzungsformen keimen die weltweit Spekulationen über die Verknappung von Anbauflächen und einer damit einhergehenden Reduktion der Nahrungsmittelproduktion auf globaler Ebene. Forciert wird die dadurch geschürte Unsicherheit durch den prognostizierten Anstieg der Weltbevölkerung (Abb. 1). Auch wenn sich diese Prognosen nicht in vollem Umfang erfüllen sollten und trotz des in den letzten beiden Jahrzehnten beobachteten Trends einer weltweiten Abnahme der Unterernährung, ist von einem Verknappungsszenario auszugehen, da sich zeitgleich das Konsumverhalten in Schwellen- und aufstrebenden Industrieländern dem der industrialisierten Gesellschaften anpasst.

Einen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor bildet der prognostizierte Klimawandel. Schon jetzt gehen die Projektionen von einer durch häufige Dürren verursachten erheblichen Abnahme der globalen Agrarproduktion aus (Abb. 2). Damit einhergehend wird eine weltweite Zunahme der Bodendegradation vorhergesagt (Abb. 3). Beide Phänomene dürften in den tropischen und subtropischen Zonen besonders aus-

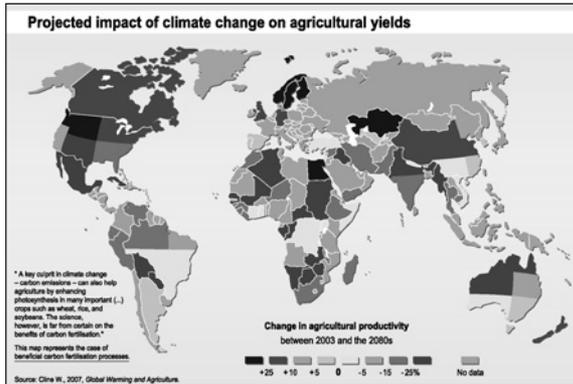


Abbildung 2: Projektion zum Einfluss des Klimawandels auf die globalen landwirtschaftlichen Erträge

geprägt sein. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass a) kaum ein prognostisches Instrument die regional sehr unterschiedlichen Ausprägungen des Klimawandels vorhersagen kann, b) lange Zeitreihen fehlen, um beurteilen zu können, ob sich die beobachteten Phänomene in einem Bereich normaler klimatischer Variabilität bewegen oder die Folgen eines anthropogen verursachten Klimawandels sind und c) immer

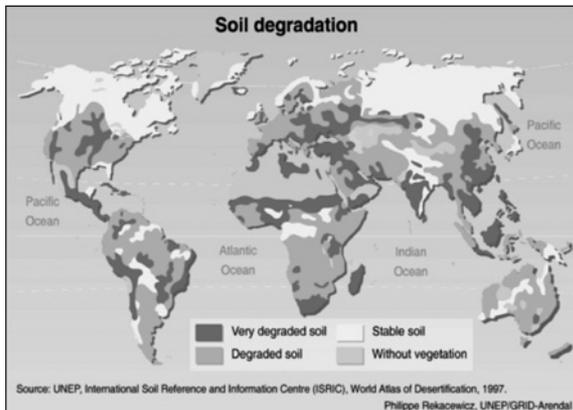


Abbildung 3: Übersichtskarte der UNEP zum Stand der weltweiten Bodendegradation

noch unangepasste Formen der Bodenbewirtschaftung und die dadurch verursachte Bodendegradation zu den wesentlichen Triebfedern für die weltweiten Produktivitätsverluste zählen.

Der Landnutzungswandel und die nicht standortgemäße Bewirtschaftung von Böden zählen hierbei zu den Hauptursachen einer global abnehmenden Kohlenstoffspeicherung in Böden. Ein wesentlicher Anteil der Kohlenstoffverluste ist hierbei auf die Freisetzung der klimarelevanten Gase  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  zurückzuführen. Die globale Bodendegradation ist damit ein klimawirksamer Faktor, dessen Bedeutung noch nicht in vollem Umfang verstanden und durch die Klimamodelle adäquat berücksichtigt wird. In der Rückkopplung dieses Prozesses sinkt die Wasser- und Nährstoffspeicherungsfähigkeit von Böden und damit die Resilienz entsprechender Landnutzungssysteme gegenüber klimatischen Extremen.

Es ist daher nachvollziehbar, dass in modernen wissenschaftsbasierten Gesellschaften im Kontext dieser globalen Szenarien die Forderung nach einer standortangepassten nachhaltigen Bodenbewirtschaftung zunimmt. Der Nutzen, den der Mensch aus natürlichen Systemen und Ressourcen bezieht, wird in der Ökologie über das Konzept der „Ökosystemdienstleistungen“ (Ecosystem Services) definiert. Zwischen den menschlichen Nutzern und Ökosystemen besteht dabei ein dynamischer Zusammenhang (Abb. 4).

Diese Forderungen beschränken sich daher nicht nur auf die Produktionsfunktion des Bodens sondern betrachten Böden und Bewirtschaftungssysteme als zentrale Elemente für die Bereitstellung der aus gesellschaftlicher Sicht relevanten Ökosystemdienstleistungen. Hierzu gehören

- der Schutz und die Bildung von Grund- bzw. Trinkwasser,
- der Erhalt der biologischen Vielfalt und biologischer Funktionsketten,
- der Schutz vor Erosion,

- die Produktion nährstoffreicher Nahrungsmittel und
- der Erhalt von Kultur- und Erholungslandschaften etc.
- die kaskadierende Nutzung von Biomasse
- die Bereitstellung von Sekundärprodukten (z. B. Medizinalpflanzen, Kräuter, Honig etc.)

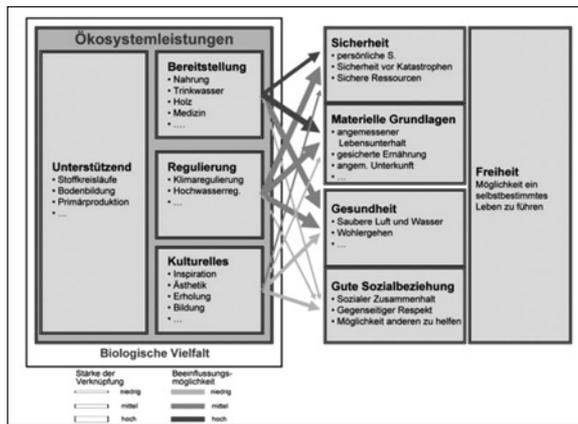


Abbildung 4: Bezüge der Produktionen Nutzung von Biomassen zu den aus gesellschaftlicher Sicht relevanten Ökosystemdienstleistungen (Quelle: Deutsches Referenzzentrum für Ethik in den Biowissenschaften DRZE)

Die Expansion der Biomasseproduktion unter sich verändernden Klima- und Umweltbedingungen und die limitierte Verfügbarkeit der natürlichen Geo-Ressourcen wie Wasser und Boden ist daher ein zentrales Feld der Bioökonomie.

Vor allem der ökologische Landbau nimmt für sich in Anspruch, diese Forderungen weitestgehend zu erfüllen und hält die damit i. d. R. einhergehende Minderproduktion für vertretbar. Es ist daher absehbar, dass ein steigender Flächenanspruch des ökologischen Landbaus die Nachfrage nach nutzbarer Produktionsfläche verstärkt und zu einer Erhöhung der Erzeugerpreise führen wird.

Zur gleichen Zeit ist seit gut 15 Jahren ein kontinuierlicher Anstieg der Anbaufläche für die Produk-

tion energetisch und stofflich nutzbarer Biomasse zu beobachten, der sich auf ca. 2,3 Mio. ha eingeegelt hat (Abb. 5). Ein Teil dieses Anstiegs geht auf die Subventionierung des Anbaus von Energiepflanzen für die Produktion von Biogas zurück. Hierbei handelt es sich in der Regel um Energiemais, der bei Anbau auf ungeeigneten Standorten den Abbau der Kohlenstoffvorräte im Boden forciert und durch die subventionsbedingt intensive Bewirtschaftung (Düngung, Herbizidbehandlung etc.) Böden und Grundwasser belastet (LfL 2008, Köschens et al., 2014).

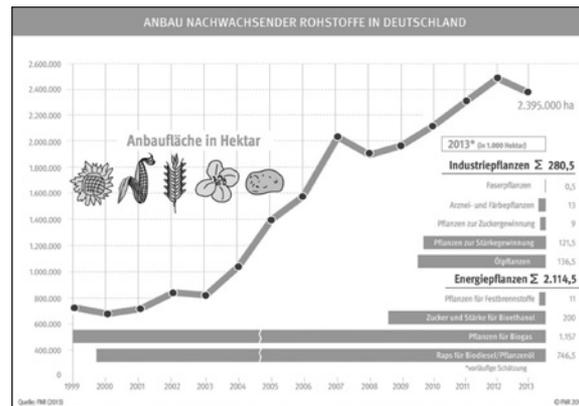


Abbildung 5: Entwicklung der Anbaufläche von landwirtschaftlichen Energiepflanzen von 1999–2013 (Quelle: FNR 2013)

Wie im Falle des ökologischen Landbaus stünden bei Inkaufnahme einer Minderproduktion und Schaffung entsprechender Regulationsmechanismen alternative, ökologisch verträglich Formen der Biomasseproduktion zur Verfügung. Versuche der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG, 2009) in Veitshöchheim mit einer Mischung naturnahen Saatgutes zeigen, dass die Erträge der aus ihnen hervorgehenden Blumenwiesen 50 bis 70 Prozent des mit Mais auf Referenzflächen erzielten Ertrages erreichen. Dabei werden die Pflanzen nur einmal ausgesät können fünf Jahre lang geerntet werden und es entstehen keine Kosten durch Dünge- und Spritzmittel.

Eine weitere Alternative für die ökologisch verträgliche Produktion energetisch und stofflich nutzbarer Biomasse bietet die Anlage von Agroforstsystemen. Für tropische und subtropische Standortsbedingungen konnten für den Anbau entsprechender Systeme bereits vielfältige ökologische und ökonomische Vorteilswirkungen nachgewiesen werden. Auf Grundlage der im deutschen und europäischen Kontext laufenden Forschungsarbeiten mehrten sich hierbei die Hinweise, dass sich diese Vorteilswirkungen auf die klimatischen und edaphischen Bedingungen der temperierten Zone übertragen lassen.

Die vorliegenden Untersuchungen liefern klare Hinweise, dass insbesondere marginale Standorte durch eine agroforstliche Bewirtschaftungsweise mit geringem Aufwand in Wert gesetzt und produktiv bewirtschaftet werden können. Sollte sich der Trend einer Zunahme extremer Witterungsbedingungen in der Wachstumsperiode manifestieren, so wäre durchaus dankbar, dass die agroforstliche Ansätze auch auf ertragreicheren Standorten eine Option darstellen (Quinkenstein et al. 2009).

In einem agroforstlichen System werden Elemente aus der Forstwirtschaft mit denen der klassischen Landwirtschaft kombiniert. Der streifenweise oder räumlich verteilte Anbau von Bäumen schützt dabei die ackerbaulich bewirtschafteten Flächen vor Wind- und Wassererosion. Durch die Aufnahme von Nährstoffen aus der tiefen Wurzelzone und deren Verteilung über die Blattstreu der Bäume wird das landwirtschaftlich genutzte Bodenareal melioriert. Neben einer verbesserten Nährstoffversorgung werden dadurch auch deutlich größere Mengen an Kohlenstoff in den Boden eingebracht. Darüber hinaus sinkt durch die Schatt- und Windschutzwirkung der Bäume die Wasserverdunstung und die im Boden gespeicherte Wasser- und Nährstoffvorräte können effizienter genutzt werden (Abb. 6). Durch den flächenhaften Anteil der Bäume steigt gleichzeitig die Fähigkeit des Systems zur biologischen Selbstregulation. Daher lässt sich nicht nur der Einsatz von Düngemitteln sondern auch der von Pflanzenschutzmitteln signifikant

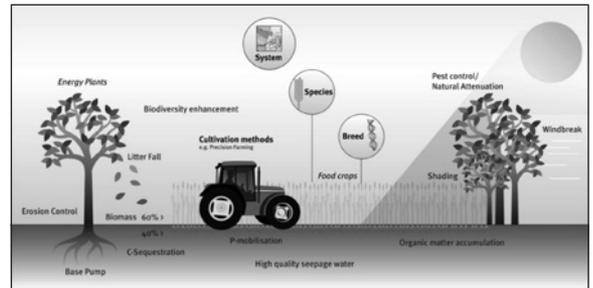


Abbildung 6: Ökosystemare Wirkungsmechanismen in Agroforstsystemen

reduzieren. Diese Vorteilswirkungen und die durch das Agroforstsystem vorgegebene Strukturvielfalt tragen daher in signifikanter Form zur Steigerung der biologischen Vielfalt bei. Im Falle des streifenweisen Anbaus von Bäumen können Agroforstsysteme zudem eine biotopvernetzende Funktion erfüllen und damit die Biodiversität auf Landschaftsebene fördern. Schließlich ist der landschaftsästhetische Wert dieser Landnutzungsform hervorzuheben, der im Übergangsbereich zu städtischen Räumen wie auch in der häufig „ausgeräumten“ Agrarlandlandschaft von großer Bedeutung ist.

Durch die im Vergleich zu traditionellen landwirtschaftlichen Nutzungsarten höhere potentielle C-Sequestrierung und der damit einhergehende besseren Nährstoff- und Wassereffizienz leistet die agroforstliche Landnutzung in gleicher Weise einen Beitrag zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel (Quinkenstein et al., 2012). Entsprechendes gilt für die Entwicklung von biologischer Vielfalt und eines breiteren Spektrums von Ökosystemleistungen. Gleichzeitig verbindet sich mit diesem Landnutzungsansatz die Erwartung ökonomischer Vorteilswirkungen, indem durch sinkenden Bearbeitungsaufwand und geringeren Einsatz von Düngemittel- und Pflanzenschutzmitteln insgesamt ein höherer monetärer Ertrag erwirtschaftet werden kann. Letztlich wird die Entscheidung zum Anbau agroforstlicher Systeme von der Schaffung eines verlässlichen gesetzlichen Rahmens, der umfassenden Beachtung aller relevan-

ten Standortfaktoren und – wie auch im Falle des ökologischen Landbaus – von der individuellen unternehmerischen Entscheidung und der spezifischen regionalen Marktsituation abhängen.

Neben diesen landnutzungsorientierten Ansätzen gibt es zahlreiche Ansätze, durch stabile Bodenhilfsstoffe die Produktivität von Böden zu steigern und ihre Trockenheitsanfälligkeit der Produktionssysteme zu senken. Zu diesen Hilfsstoffen gehören u. a. Biochar (dt.: Biokohle) und die. Im Falle von Biochar wird aus pflanzlichen Abfällen unter Luftabschluss bei Temperaturen zwischen 350° und 1000 °C in einem pyrolytischen Verfahren Pflanzenkohle hergestellt. Es entsteht ein poriges Kohlenstoffgerüst, bei dem die in der ursprünglichen Biomasse enthaltenen Mineralstoffe in den Poren und an der Oberfläche der Pflanzenkohle in pflanzenverfügbarer Form gebunden werden. Zudem kann die Biokohle aufgrund ihrer porigen Struktur Wasser und zusätzliche Nährstoffe speichern.

»Terra Preta« ist portugiesisch und bedeutet »schwarze Erde«. Der Begriff bezeichnet eine anthropogene, d.h. vom Menschen geschaffene Bodenform, die Ende der 1980er Jahre im Amazonasbecken entdeckt wurde. Rund 10 % der Fläche Amazoniens sind von Terra Preta bedeckt, teils in meterdicken Schichten (Glaser und Birk 2011). Anders als Biochar handelt es sich bei der Terrapreta um eine Mischung von Holzkohle, Asche, Pflanzenrückständen und anderen Abfällen aus dem Haushalt bis hin zu Exkrementen, die sich trotz tropischer Klimabedingungen über Jahrhunderte als stabil erwiesen hatte und kaum abgebaut wurde. Die Terrapreta-Herstellung und -Ausbringung eignet sich daher ausgezeichnet für die Wiederverwendung organischer Reststoffen aus Landwirtschaft, Gartenbau und Landschaftspflege. Ein wesentlicher Vorteil des Einsatzes von Biochar und Terrapreta im Vergleich zu traditionellen Mulchverfahren liegt in der hohen Stabilität der hierbei entstehenden organischen Substanz und ihrer langfristigen Wirksamkeit (Cheng et al. 2006). Während Biochar und Terrapreta zunehmen im Gartenbau für Intensivkulturen genutzt werden, ist für landwirtschaftliche Produktionsflächen die Frage nach den Folgen eines Eingriffs in das Bo-

dengefüge, den erforderlichen Aufwandsmengen und der damit verbundenen Wirtschaftlichkeit bei großflächigem Einsatz noch nicht hinreichend geklärt.

In diesem Zusammenhang muss das vom BMBF ausgeschriebene Forschungsprogramm BonaRes erwähnt werden (BMBF 2013), das aus der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ hervorging und die zentrale Rolle der Böden für die Biomasse- bzw. Nahrungsmittelproduktion würdigt, dessen langfristige ökonomische Leistungsfähigkeit sichergestellt werden muss. Das Programm bündelt die im nationalen Kontext vorhandene bodenwissenschaftliche Expertise, führt dabei die im Rahmen vielfältiger Langzeitversuche gewonnenen Daten und Ergebnisse zusammen und ergänzt die laufenden Beobachtungen gezielt durch neue Forschungsansätze, um das Prozessverständnis und daraus resultierend Technologien für die nachhaltige Bewirtschaftung und Fruchtbarkeit von Böden zu verbessern. Besonders hervorzuheben sind hierbei jene Ansätze, die sich vertiefend der Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen biologischen und abiotischen Komponenten des Bodens widmen.

Eine effiziente Biomasseerzeugung ist nicht allein durch die landwirtschaftliche Produktion zu leisten. Sie ist immer auch das Ergebnis der Saatgutentwicklung. Die Forschung verfügt hierbei mittlerweile über ein vielfältiges Instrumentarium um das pflanzliche Genom zu modifizieren oder um die in ihm kodierten spezifischen Eigenschaften zu aktivieren oder zu inhibieren. Hier bedarf es weiterer Anstrengungen in der Forschung, die entsprechenden Potentiale in transparenter und für die Gesellschaft verständlicher Weise nachvollziehbar zu machen und den jeweiligen ökonomischen Nutzwert kritisch zu hinterfragen. Letztlich geht es hierbei um den Erhalt von wissenschaftlicher Expertise, um den durch gesellschaftliche Forderungen entstehenden Innovationsdruck nutzen zu können und die Fähigkeit zu verlieren, die Entwicklungen auf den globalen Märkten bewerten und auf sie reagieren zu können. Dies gilt vor allem für den Bereich der Synthetische Biologie (Abb. 7). Sie nutzt die Bauteile der Zelle, um sie im Labor gezielt nachzubauen, Bau-

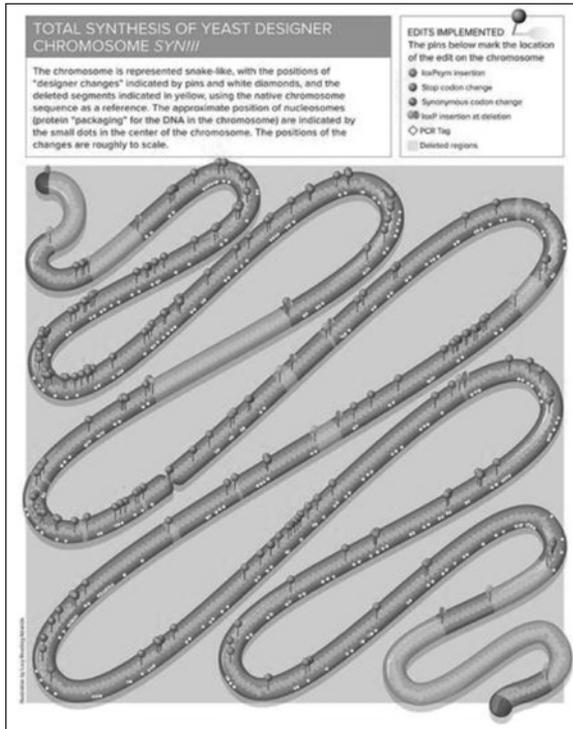


Abbildung 7: Vor kurzem erschufen Forscher zum ersten Mal künstlich ein Chromosom eines Lebewesens mit Zellkern (Quelle: Tagesspiegel, März 2014)

pläne zu verändern und ganze biologische Systeme umzuprogrammieren oder von Grund auf neu zu gestalten. Neben biotechnologischen Anwendungen zur Bereitstellung von Diagnostika, Impfstoffen und Medikamenten sowie Biosensoren sollen entsprechende Ansätze auch für Biokraftstoffe genutzt werden. Mit der Entwicklung praxisreifer Technologien würden wesentliche Argumente der Teller-oder-Tank-Debatte gegenstandslos und die Verfügbarkeit von Flächen für die Nahrungsmittelproduktion steigen. Entsprechende Entwicklungen würden die globalen Märkte grundlegend verändern und die Ziele des Klimaschutzes in erreichbare Nähe bringen.

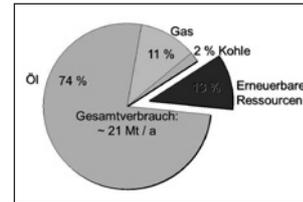


Abbildung 8: Verbrauch in der chem. Industrie in Deutschland 2009 – Prognose einer steigenden Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen in der chem. Industrie um 20–30 % bis 2030

Biomasse	Menge [kt]
Öle und Fette	1.450
Chem. Zucker und Stärke	408
Chem. Cellulose	300
Sonstige	549
<b>Total</b>	<b>2.707</b>

Vor allem ließe sich so auch die wachsende Nachfrage der chemischen Industrie nach nachwachsenden Rohstoffen decken. Dieser Industriezweig nutzt schon jetzt zur Diversifizierung seiner Rohstoffnachfrage ca. 2.7 Mt p.a. Biomasse gegenüber 21 Mt p.a. aus fossilen Energieträgern, was einem Anteil von ca. 13% am Gesamtverbrauch bedeutet (Abb. 8). Zu den wesentlichen Produkten der chemischen Industrie gehören Öle und Fette, chemischer Zucker und Stärke, und chemische Cellulose.

Eine effiziente Verwertung von Biomasse verbindet sich darüber hinaus mit dem Konzept der kaskadierenden Nutzung, wie sie im Exzellenz-Cluster des BMBF BioEconomy Cluster am Beispiel von Holz demonstriert werden soll (Abb. 9). Hierbei geht es um die Integration von Holz produzierender und verarbeitender Industrie entlang der Holz-Wertschöpfungskette, von der forstlichen Produktion über den Holzbau bis hin zur Restholzverwertung in der chemischen und kunststofferzeugenden Industrie oder der für energetische Zwecke. In dieselbe Richtung geht die am KIT betriebene Entwicklung einer Hochdruck-Flugstromvergasung. Das unter dem Akronym BioLiq geführte Verfahren (<http://www.bioliq.de/>) zielt hierbei auf die Wandlung dezentral anfallender Reststoffe durch Schnellpyrolyse zu einer Suspension, die deren Transport und zentrale Veredlung zu hochwertigen Treibstoffen ermöglicht. Bei den einzelnen Umwandlungsschritten spielt auch die Rückgewinnung von Nährstoffen und seltenen Mineralien eine zunehmend wichtigere Rolle.

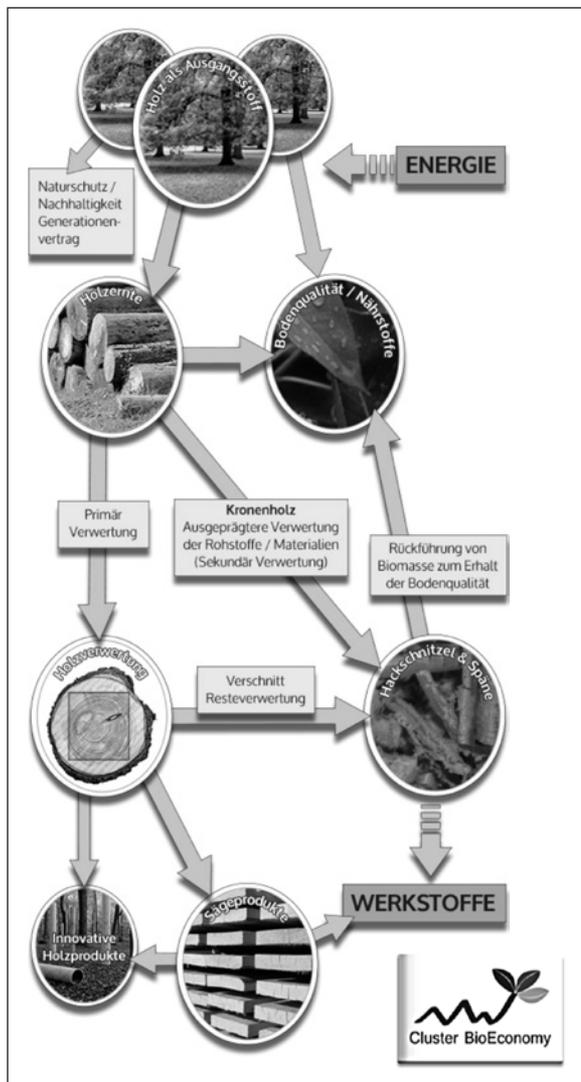


Abbildung 9: Cluster BioEconomy – Kooperation von Industrie und Forschung im Bereich der kaskadischen Nutzung von Non-Food-Biomasse für stoffliche und energetische Zwecke. Quelle: Spitzencluster BioEconomy, <http://www.bioeconomy.de/>

Ein weiteres Highlight der Forschung für eine effiziente Biomasseproduktion ist das Projekt vom IGB entwickelte System „ASTAF-PRO“ (Aquaponik-System zur emissionsfreien Tomaten- und Fisch-Produktion; <http://www.igb-berlin.de/astafpro.html>), in dem die Aquakultur zur Aufzucht von Fischen mit dem Hydroponik-Kreislauf für die Produktion von Tomaten so kombiniert und aufeinander abgestimmt werden, dass für beide Kulturen jeweils optimale Wachstumsbedingungen hergestellt werden können.

Die Beispiele verdeutlichen das volkswirtschaftliche Potential und die Relevanz der Bioökonomie im Allgemeinen und die der effizienten Biomasseproduktion und -nutzung im Speziellen. Durch die Globalisierung, die Ressourcenverknappung, den Klimawandel sowie durch die sich diversifizierende Entwicklung der Nachfragestruktur auf den globalen Märkten steht die Bioökonomie und die Biomassenutzung als Wirtschaftssektor vor großen Herausforderungen. Diese lassen sich nur bewältigen und erfolgreich in ökonomische und gesellschaftliche Werte überführen, wenn es gelingt, Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts für den Wirtschaftsstandort Deutschland adäquat zu bündeln und in erfolgreiche Innovationen umzusetzen. Für die Zukunft des Wirtschaftsstandorts Deutschland ist es daher von großer Bedeutung, dass Wirtschaft und Wissenschaft bei dieser Entwicklung zusammen eine führende Rolle einnehmen. Dieser Gedanke liegt auch der Hightech-Strategie 2020 der Bundesregierung zugrunde (BMBF, 2010).

So können beispielsweise moderne Verfahren der Biotechnologie und eines modernen Landnutzungsmanagements wesentlich zur Minderung der regional-spezifischen Folgen des Klimawandels beitragen. Der BioÖkonomieRat geht davon aus, dass die Industrielle Biotechnologie in der Breite ihrer Anwendungen, insbesondere in den Bereichen Medizin, Gesundheit, Landwirtschaft, Ernährung aber auch durch Koppelung biologischer und chemischer Synthesen für Zwecke der Energieerzeugung und Rohstoffgewinnung zahlreiche Wirtschaftsbranchen revolutionieren wird.

Entscheidend für die Umsetzbarkeit entsprechender Ziele ist jedoch der gesellschaftliche Konsens bzw. die Akzeptanz als Voraussetzung für eine wirtschaftliche Durchsetzungsfähigkeit dieser neuen Verfahren und Produkte am Markt. Staatliche Anreize und Fördermaßnahmen sollten höchstens temporärer Natur sein. Deutschland gilt heute noch weltweit als eine der führenden Nationen in den Bereichen der Agrar-, Bio-, Lebens- und Technikwissenschaften. Deutsche Forschungseinrichtungen sind international sehr renommiert. Doch das gemeinsame Potenzial dieses Wissens wird durch die vielfach in der Gesellschaft und den Medien nicht wissenschaftlich fundiert geführten und von wirtschaftlichen Handlungszwängen dominierten Umfeld längst nicht mehr optimal ausgeschöpft.

Die Menschheit steht vor einem erneuten Paradigmenwechsel im Umgang mit der Natur. Es geht heute darum, die vorhandenen biologischen Ressourcen mit allen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten nachhaltiger als bislang zu nutzen und ihre Anwendungsfelder – wie am Beispiel der Synthetischen Biologie – auf Basis neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse zu ergänzen. Das langfristige Ziel ist die Sicherstellung der Lebensgrundlagen angesichts knapper werdender Ressourcen. Konkret bedeutet dies: Ernährung sicherzustellen, die Energieversorgung nachhaltig zu gestalten, den Ressourceneinsatz zu vermindern und neue Roh- und Wirkstoffe biobasiert herzustellen.

Um dazu notwendige Entwicklungsprozesse möglichst ressourcenschonend und gewinnbringend zu gestalten, sind neue, integrative und eng an den Wertschöpfungsketten orientierte Forschungskonzepte, wie zum Beispiel das Bioraffinerienkonzept, eine zentrale Voraussetzung. Insbesondere biotechnologische Verfahren als innovative Schlüsseltechnologien können hier absehbar wesentliche Beiträge leisten.

Die primäre Rohstoffbasis der Bioökonomie ist Biomasse. Aus einer Zeit der agrarischen Überproduktion kommend, die von einem großzügigen

Umgang mit den Ressourcen und wachsenden Umweltbelastungen geprägt war, hat sich in nur wenigen Jahren ein Paradigmenwechsel ergeben. Nachhaltig verfügbare Biomasse wird absehbar zu einem limitierenden Faktor werden. Aktuell werden mindestens 70 % der agrarischen Produktion für die Herstellung von Lebensmitteln verwendet, womit höchstens 30 % für eine rohstoffliche und energetische Verwertung zur Verfügung stehen. Der inländische Bedarf an Agrargütern (u. a. Sojaimporte für Futtermittel) wird bereits heute in Deutschland durch einen Nettoimport von ca. 20 % des Gesamtbedarfes gedeckt. Zusätzliche Importe würden sich negativ auf das globale Marktgefüge auswirken.

Im Bereich der Biomassenerzeugung und Nutzung existiert eine Vielzahl von Konzepten: von der Optimierung der energetischen Nutzung, den innovativen stofflichen Nutzungen sowie der Verbesserung der Qualität für die gesündere Ernährung von Mensch und Tier bis hin zur Anpassung der Agrartechnik an die sich verändernden Klimabedingungen. Eine stärkere und umfassendere Nutzung dieser biobasierter Produkte kann zweifellos dazu beitragen die Klimaziele sowie das Ziel „Bekämpfung von Hunger und Armut“ der UN-Millenniumsziele zu erreichen.

## Referenzen

BMBF 2013: BonaRes – Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie. <http://www.bmbf.de/de/22481.php>

BMBF 2010: Hightech-Strategie der Bundesregierung. <http://www.hightech-strategie.de/>

Cheng, C., Lehmann, J., Thies, J., Burton, S., Engelhard, M. (2006): Oxidation of black carbon through biotic and abiotic processes. *Org. Geochem.* 37, 1477-1488.

Glaser B., Birk, J. J. (2010): State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terapretade I ndio). *Geochim. Cosmochim. Acta* (2011), doi:10.1016/j.gca.2010.11.029r.

Körschens, M., Albert, E., Baumecker, M., Ellmer, F., Grunert, M., Hoffmann, S., Kismanyoky, T., Kubat, J., Kunzova, E., Marx, M., Rogasik, J., Rinklebe, J., Rühlmann, J., Schilli, C., Schröter, H., Schroetter, S., Schweizer, K., Toth, Z., Zimmer J., Zorn, W. (2014): Humus und Klimaänderung – Ergebnisse aus 15 langjährigen Dauerfeldversuchen, *Archives of Agronomy and Soil Science*, Volume 60, No. 11, pp. 1485-1517.

LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2008): Unkrautbekämpfung im Maisanbau. <http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/033928/>

LWG – Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2009): „Wild“ statt „mono“ – neue Wege für die Biogaserzeugung. <http://www.lwg.bayern.de/landspflege/landschaftspflege/39010/>

Quinkenstein, A., Pape, D., Freese, D., Schneider, B.U. & Hüttl, R.F., 2012: Biomass, Carbon and Nitrogen Distribution in Living Woody Plant Parts of *Robinia pseudoacacia* L. Growing on Reclamation Sites in the Mining Region of Lower Lusatia (Northeast Germany), *International Journal of Forestry Research*, 2012, ID 891798.

Quinkenstein, A., Wöllecke, J., Böhm, C., Grünwald, H., Freese, D., Schneider, B. U. & Hüttl, R. F., 2009: Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe, *Environmental Science & Policy*, 12, 1112-1121.

## Diskussion



PATERMANN, BONN

Sie haben in einem fast Nebensatz für meine Begriffe eine sehr zentrale Schwäche unseres bisherigen Systems aufgezeigt, indem sie sagten, das Management hochkomplexer Systeme ist sehr schwierig. Da braucht man gar nicht drüber zu lamentieren, zu diskutieren. Das ist so. Wie können nach ihrer Auffassung jetzt etwa in einem Masterlehrgang Bioökonomie in Hohenheim, sie sind da die vierte oder fünfte Universität in Europa, die das jetzt machen wird, ich kann das nur unterstützen. Wie kann man in solchen Masterstudiengängen dieses Management hochkomplexer Systeme, wie es ja eben auch die Bioökonomie ist, besser in die Studentenwelt aber auch in die Postgraduierten reinbringen plus nachher die Transformation in die Industrie. Die machen uns da nichts vor, wenn jetzt Siemens sehr breit ist, die eine hochkomplexe Produktion von Schienen- und anderen Fahrzeugen abzugeben, dann hat das seine Gründe. Da gibt es große Probleme im Augenblick. Wir haben ähnliche Probleme im Cloud - Computing. In der Industrie ist man auch nicht so vorbereitet auf dieses Management. Wie kann man nach ihrer Auffassung, wie sie ja eben in einem Geo-Forschungszentrum sind und dort ja auch hochkomplexe geowissenschaftliche Systeme managen müssen. Wie kann man hier das besser an den Mann oder an die Frau bringen einschließlich der Notwendigkeit, dann auch die Ergebnisse besser zu kommunizieren. Das ist nämlich ein Teil dieser hochkomplexen Gestaltung. Wie kann ich diese Ergebnisse nachher dem Bauern,

dem Landwirt, dem Forstwirt eigentlich klar machen für die praktische Arbeit und auch für das Geld verdienen?

ANTWORT

Jetzt müsste ich erst einmal lügen, wenn ich sagen würde, wir bekommen das im GFZ intern schon ganz hervorragend hin. Das Problem, das sie beschreiben, das haben wir genauso in der Energieforschung. Wir sagen mittlerweile, diese ganzen Einzellösungen, die wir mittlerweile perfekt entwickelt haben, passen nicht mehr in ein System. Im Systemdenken sind es eigentlich automatische Elemente, die zu Sollbruchstellen führen. Ich will mal mit der Kommunikation anfangen. Wir haben das bei dem Thema Fracking CO<sub>2</sub>-Speicherung gemerkt. Wir haben gelernt, dass wir eigentlich ein Klientel von Wissenschaftlern brauchen, die neben der fachlichen Tiefe auch an Umsetzung denken, über die Kommunikation verfügen muss und über die Gabe, systemisch zu denken. Und unsere PhD-Programme sind in der Regel nicht so gestrickt, dass man diese Fähigkeiten, zumindest die Sensibilisierung dafür, mit vermittelt, weil die Dreijahresfinanzierung ist in der Regel eine, die natürlich von jeden leitenden Wissenschaftler tunlichst für die Vertiefung des Themas genutzt wird und es bleibt dann dabei doch sehr wenig Raum, um diese anderen Fertigkeiten zu entwickeln. Das ist in England und den Vereinigten Staaten anders. Da sind die stärker. Andererseits muss man mal sagen, es gibt sicherlich auch Möglichkeiten, es in der universitären Lehre

stärker zu verankern, aber da muss es dafür auch Anreizstrukturen geben. Solange wir solche Anreizstrukturen nicht haben in der universitären Ausbildung, tun wir uns schwer. Wir müssen vorne anfangen, wir müssen die Anreizstrukturen für solche systemischen Ausbildungsansätze, die müssen wir in der universitären Ausbildung stärker verankern und auch in unseren Großforschungseinrichtungen müssen wir im Prinzip dafür mehr Raum schaffen. Wir tun uns ja selber schwer über drei, vier Departements hinweg. Die Kommunikation, die notwendig wäre, um Dinge miteinander zu verknüpfen. Wir haben einfach die Valenzen nicht. Da muss man sich mehr Gedanken darüber machen. Das haben wir nicht genügend beachtet bisher, dass die Kommunikation ein viel wichtiger Faktor ist und dann können wir auch nach außen besser kommunizieren, wenn wir sozusagen in der Ausbildung, aber auch in der Kommunikation innerhalb von Großforschungseinrichtungen besser arbeiten. Dann können wir auch nach außen besser kommunizieren.

KAGE, KIEL

Ich denke, es ist wirklich ein generelles Problem. Wir haben in Zukunft nicht mehr die Ertragssteigerung zu erwarten, die wir in den letzten Jahrzehnten hatten. Deshalb ist auch relativ klar und das ist auch den meisten hier im Raum klar, dass biogene Rohstoffe die Billigmacher sein können in Zukunft, sondern nur aufgrund spezieller Qualitäten, die auch im Rahmen der Bioökonomie Verwendung finden können. Das ist etwas, was nicht ganz ernst gemeint ist. Da müssen wir uns vielleicht auch angucken, wie wir aus den Braunkohleressourcen vielleicht sogar auch Nahrungsgüter gewinnen. Das sind wirklich die Dinge, die in Zukunft auch wirklich knapp werden. Da wir nur über teilweise sehr spezielle Sektoren geredet. Die flächenhafte Bedeutung insgesamt des Bioökonomie-Sektors auf die Landnutzung muss wohl tatsächlich richtig einsortiert werden. Ein Punkt wurde erwähnt: Alley-Cropping Das ist eine Idee, die zurzeit in verschiedenen Projekten auch noch einmal angeschaut wird. Das ist natürlich erst mal richtig. Aber dazu

wird auch die Einordnung geprüft, was tatsächlich auch Alley-Cropping leisten kann. Das geht einfach nur mit der Kernfrage los. Wie sieht es eigentlich mit der Produktivität solcher Alley-Cropping-Systeme aus? Wenn man sich mal anschaut, wie die Landwirtschaft sich entwickelt hat in Europa, da stehen die Wälder in der Regel auf weniger produktiven Standorten, weil Wälder bzw. ausdauerndes Gehölze eine niedrigere Produktivität haben. Wenn wir die Kurzholzplantagen anschauen, da liegen wir irgendwo bei Produktivitäten, die in der Regel nicht über 10 t Trockenmasse pro ha und Jahr hinausgehen, häufig sogar weniger. Schau man sich die Regionen, wo tatsächlich auch der Aley-Cropping hingehört oder auch derartige pPlantagen hingehören. Dann sind das Regionen, wo vielleicht 6 bis 8 t Biomasse produziert werden kann. Wenn wir uns die hochproduktiven anderen Kulturen angucken, die ja dann doch häufig 15 t bzw. 20 t produzieren. Es gibt Leute, die sprechen von 30 t, dies ist mit Wasser möglich, erreichen. Das sind ganz andere Dimensionen. Das heißt natürlich ganz klar, dass, wenn man über Alley-Cropping spricht, dann tatsächlich nur über eine sehr begrenzte Flächenkulisse. Das gehört dazu. Es gibt dann auch Irrtümer, die man deutlich ansprechen muss. Sie hatten gesagt, Alley-Cropping spart Wasser. Das Gegenteil ist der Fall. Alley-Cropping führt zu erhöhter Rauigkeit in der Landschaft und es ist tatsächlich so, dass insgesamt die Verdunstung zunehmen wird. Das kann teilweise dazu führen, dass die anderen Kulturen zwischen den Alleys mehr Wasser haben, weil sie nur den Bodenhorizont tatsächlich zur Verfügung haben, die ausdauernden Gehölze sich aus tieferen Schichten das Wasser holen. Insgesamt gibt es da teilweise noch Missverständnisse und man muss da auch versuchen, klarzustellen, wo denn tatsächlich auch die Größenordnungen liegen, wo die Dinge auch wirklich einzusortieren sind. Das gehört dann auch nachher in der Allokation, auch von Forschungsressourcen zur Diskussion.

ANTWORT

Ich wollte mit dem Beispiel eigentlich nur eins bewirken, dass man einfach in neuen Dimensionen denken muss. Das ist erst einmal grundsätzlich. Wenn sie die niedrigere Produktivität von Alley-Cropping-Systemen ansprechen, würde ich ihnen jetzt erst einmal ad hoc nicht widersprechen wollen. Nach 300 Jahren Agrarforschung, wir haben jetzt gerade einmal 20 in Deutschland, ich wäre da sowieso vorsichtig mit den Aussagen, also 20 Jahre zur Agroforstwirtschaft, nicht nur Forschung. Eins steht auf jeden Fall fest. Wenn wir uns nur auf Produktivität konzentrieren und nicht den Ertrag am Ende des Jahres rechnen, dann haben wir natürlich ein großes Problem mit Alley-Cropping. Das wäre doch einmal eine interessante Frage, ob wir, wenn wir so und so viel Dünger, so und so viele Pestizide und so und so viel Befahrspuren bei Alley-Cropping sparen, ob wir dann nicht beim Jahresertrag bei anderen Dimensionen landen, also den Vergleich zur intensiv genutzten Landwirtschaftsfläche. Ich würde das jetzt aber gleichzeitig verbinden wollen mit der Aussage, dass man natürlich, wenn man so was wie Alley-Cropping-System propagiert, auch mal genau hinschauen muss, worum geht es da überhaupt. Also wo macht das Sinn. Da bin ich ganz bei ihnen. Das kann man jetzt nicht als Allheilmittel propagieren. Das ist jetzt nur mal so ein Beispiel. Ich denke es geht darum, dass man einfach erkennt, dass es Vorteilswirkung hat, Baum mit Ackerkomponenten stärker zu kombinieren und das natürlich auch eine Antwort, die den anderen Teil, nämlich den Teil der Gesellschaft mit beachtet, der sich eben nicht nur auf die landwirtschaftliche Produktion fokussiert, sondern sozusagen auch andere Ansprüche an die Landschaft stellt. Das ist eben auch mit ein Element, dass wir nutzen könnten.

KAGE, KIEL

Das ist dann natürlich ein Luxusstandpunkt. Ich sage es mal ganz fokussiert. Also den kann man sich hier leisten. Das ist natürlich auch tatsächlich sicherlich von vielen so gewünscht. Das können attraktive Landschaften werden, die man da hinstellt, aber man

muss das andere auch klar dazu sagen. Und das höre ich vergleichsweise selten. Sie hatten jetzt noch einmal Input-Output-Relationen. Das ist klar, es gibt Kulturen, die haben deutlich weniger Düngebedarf. Das ist völlig richtig. Aber es geht ja letztlich auch immer um Energiepflanzen. Man kann Energiebilanzen festmachen und da sind auch die High-Input-Systeme in der Regel mit einer deutlich positiven Energiebilanz versehen, als die Low-Input-Systeme. Da wird auch irreführend mit Effizienzparametern argumentiert und das führt dann völlig in die Irre. Was wir gerade diskutiert haben, knappe Fläche und insgesamt eben eine Produktivität, die nicht wirklich sinken darf. Da sollten wir uns vielleicht wirklich vornehmen, dass wir die Produktivität nicht durch bestimmte neue Orientierungen hier auch in unseren Bereichen weiter senken können. Ich glaube, das ist eine Minimalforderung, die man gerechtfertigter Weise auch stellen kann.

ANTWORT

Da sind wir ja beieinander. Man muss jetzt noch einmal genau gucken, auf welchen Standorten können wir so etwas einsetzen. Denn das wird mit Sicherheit keinen Sinn machen auf allen Standorten. Wir werden ja nicht auf hochproduktiven Standorten mit Agroforstsystem anfangen. Also das kann es nicht sein. Ich wollte es trotzdem mal so als ein Element insbesondere auf dekradierten Standorten, auf klimaanfälligen Standorten einwerfen. Erinnern sie sich zurück. In den Jahren 2003 bis 2006, was da in Ostdeutschland los war. Da war eine Trockenheit, die mehrfach die Erträge vernichtete und dann haben wir in den folgenden Jahren einfach ab 2009 das ganze Gegenteil. Also, es kommt auf den Boden an, es kommt auf den Standort an, es kommt auf die Rahmenbedingungen an. Ich gebe ihnen aber grundsätzlich Recht. Man muss diese Standorte, die produktiv sind, die muss man sozusagen im Prinzip mit dem Knowhow, das wir haben, so weiter nutzen.

HORN, KIEL

Vielleicht noch einmal die Diskussion über Land Grapping. Land Grapping ist je nun eine Sache, wir können die Welt ja nicht vergrößern dadurch. Wir reduzieren die Fläche des Landes dadurch, dass dieses Land die Flächen woanders hinabgibt und damit also auch die Produktion. Gibt es eigentlich Überlegungen, wie weit man aus den verschiedenen Regionen, und ich weiß auf EU-Ebene wird so etwas langsam vorbereitet, dass man jetzt versucht hat, Böden und die einzelnen Landschaften nach Produktivität, nach Empfindlichkeit ganz generell zu quantifizieren und dann daraus zu versuchen, durch angepasste Landnutzung in den eigenen Systemen, in den eigenen nationalen Grenzen dann die Flächen zu optimieren, mehr Nutzung und die Flächen den anderen Ländern zurückzugeben? Gibt es solche Ansätze schon hier in Europa, in Deutschland? Gibt es da Ideen?

ANTWORT

Ich kann es nicht sagen. Was ich allerdings weiß ist, einfach aus dem des Globalsoilforum, in dem ich auch engagiert bin, das ist die Diskussion, die wir mit dem BEZ führen, dass man im Prinzip nicht über die globalen Informationen verfügt, die so belastbar sind, dass man sagt, o.k., die degradierten oder unbenutzten Standorte ließen sich entwickeln. Es fehlen uns globale Informationssysteme zur Bodenqualität, um dann solche Fragen beantworten zu können. Ob es tatsächlich so einen Abgleich gibt, das man sagt o.k., wie jetzt gerade in der Frage formuliert, dass wir also sozusagen unsere Bewertung so kleinräumlich, so qualitativ gestalten, dass sie sagen, solche Standorte finden wir woanders und können sie dann für die Produktion nutzen. Das wüsste ich nicht. Ich weiß nicht, nach welchem Schema das passiert.

KRUSE, BONN

Ich habe eine Frage, die mir aus der Diskussion jetzt entstanden ist. Wir sprechen von effizienter Biomasseerzeugung und -nutzung und Effizienz muss irgendwie gemessen werden. Ich glaube, die Diskussion hat gezeigt, dass wir möglicherweise noch gar

nicht die richtigen Maßstäbe haben, um das was hier sehr komplex dargestellt worden ist, zu messen, ob eigentlich die klassischen Kriterien, die wir haben Hektarertrag oder ähnliche Dinge überhaupt geeignet sind, um diese Effizienz zu messen?

ANTWORT

Das knüpft eigentlich an die geführte Diskussion an. Wir könnten uns jetzt noch endlos streiten, welchen gesellschaftlichen Konsens wir finden zu den Kriterien, um Effizienz einheitlich zu bewerten. Je nach Fachkollegenmeinung kann das sehr unterschiedlich sein. Es kommt in der Tat darauf an, mit welchen Kriterien wir da ran gehen. Ich gebe ihnen völlig Recht. Wir werden immer zu einem Dissens kommen, wenn wir unterschiedliche Kriterien ansetzen.

oder den Kriteriensatz etwas weiter fassen als nur Produktivität als Indikator zu nehmen. Sobald wir die Grundwasserneubildung mit heranziehen, sobald wir den Nitrataustrag mit heranziehen oder die Phosphornutzungseffizienz werden wir urplötzlich zu ganz anderen Entscheidungen kommen als wenn wir die Produktivität in den Vordergrund stellen. Das ist natürlich etwas, das kann jetzt die Wissenschaft unterstützen, aber das ist letztendlich ein politisch gesellschaftlicher Kurs, der dann entscheiden muss, ob solche Kriterien mit in die Entscheidung einfließen sollen in Zukunft. Aber ich gebe ihnen völlig Recht. Es hängt von den Kriterien ab, die wir anlegen.

BAHRS, HOHENHEIM (MODERATOR)

Ich leiste mir auch einmal eine Frage. Ich habe mir schon einmal die Folie herausgepickt zu der ich eine Frage habe. Warum erscheint Deutschland jetzt gerade so als grüner Leuchtwurm da mitten drin und die anderen nicht? Das ist die eine Frage, die ich mir gestellt habe und die andere ist. Ist so eine prozentuale Darstellung im Hinblick auf das, was man manchmal zum Ausdruck bringen möchte, mit solch einer Abbildung, überhaupt die geeignete, wenn ich die absoluten Erträge nicht genau kenne, auf dessen Basis sich die prozentualen Steigerungen bewegen. Es können natürlich Länder erscheinen, die vergleichs-

weise wenig ernten, aber sehr hohe oder sehr niedrige Prozentzahlen zeigen, aber damit für die gesamte Biomassebereitstellung dennoch eine unwichtige oder ganz bedeutende Rolle spielen, was in den Prozentzahlen aber nicht zum Ausdruck kommt.

ANTWORT

Mit der Frage führen sie mich so richtig aufs glatte Eis. Ich habe an der Stelle genau das selbe Problem mit dieser Abbildung wie sie. Denn wenn wir allein nur mal Deutschland nehmen würden und das dann auf einer regionalen Basis versuchten, darzustellen, kommen wir zu komplett anderen Aussagen. Das Problem, dass sich hier abbildet ist, es ist aus der Aussage heraus eine Klimamodellierung. Wenn wir aber die regionalen Klimaveränderungstrends in Deutschland in den letzten Jahren nehmen, dann sehen wir natürlich viel höhere Abflussraten im süddeutschen Bereich und viel geringe im norddeutschen Bereich. Es gibt also regional sehr starke Unterschiede und die werden hier nicht mit berücksichtigt. Ich bin also nicht jemand, der diese Folie verteidigen würde. Es ist eine Annahme, die sich dahinter verbirgt. Mehr kann ich dazu auch nicht sagen. Die Annahme, dass es

einen Klimawandel gibt, dem stimmen wohl alle zu, aber wir wissen, dass die Ursachen weiterhin diskutiert werden und aber noch viel mehr. Es wird diskutiert, wie unterschiedlich wirkt sich der Klimawandel regional aus, also kleinräumlich?

SCHWERIN, DUMMERSTORF

Dr. Schneider, sie haben Produktivitätskriterien gerade im Dialog diskutiert, Es wird ja im Zusammenhang mit Food, Fiber, Fuel oft auch in den Konzepten ausgeführt Food First. Dazu haben sie nichts gesagt. Haben sie dazu eine andere Position?

ANTWORT

Schwierige Frage. Ich denke, die Antwort gibt dann letztendlich der Markt. Wie wir aber wissen, ist der Markt gerade in diesem Segment, dass ihre Frage hinterfragt, auch natürlich ein subventionsgetriebener Markt. Wenn wir die Subventionen wegließen, würde sich automatisch wahrscheinlich eine ganze andere Antwort ergeben. Ich denke, dann werden wir eher bei Nahrungsmittel- und weniger bei Energiepflanzen landen.

# Nachhaltige Bodennutzung – Bodenqualität und Ökosystemdienst- leistungen verbessern



## 1. Einführung

Die Masse der organischen Bodensubstanz macht in den meisten Oberböden nur wenige Prozentanteile aus, hat aber entscheidenden Einfluss auf alle Bodenfunktionen und spielt eine zentrale Rolle im globalen Kreislauf des Kohlenstoffs (C). Gleichzeitig ist die organische Substanz wesentlich für die Ausbildung einer stabilen Bodenstruktur durch Gefügebildung und Aggregation. Die Rückfuhr des gebundenen C erfolgt über die Bodenatmung in die Atmosphäre überwiegend durch mikrobielle Oxidationsprozesse. Der im System verbleibende, nicht mineralisierte Anteil wird langfristig in der organischen Bodensubstanz festgelegt. Dieser Kohlenstoff unterliegt Stabilisierungsprozessen im Boden, die ihn weitgehend gegen mikrobiellen Abbau schützen (Oades, 1988). Im Boden stellt sich bei konstanten Umwelt- und Vegetationsverhältnissen ein Gleichgewicht zwischen Anlieferung und Abbau der organischen Substanz ein, das durch einen charakteristischen Humusgehalt gekennzeichnet ist, der für die genannten Ökosystemdienstleistungen wesentlich verantwortlich ist. Der Humusgehalt der Böden kann sowohl direkt durch die Zufuhr organischer Stoffe als auch indirekt durch anorganische Dünger beeinflusst werden, weil mit steigenden Erträgen auch die im Boden verbleibenden Wurzel- und Ernterückstände zunehmen.

In Böden sind etwa 81% der terrestrischen organischen Kohlenstoffvorräte gespeichert. Böden sind somit das größte terrestrische Kohlenstoffreservoir der Erde. Der größte Teil der Pflanzenreste wird in re-

lativ kurzer Zeit von Bodenorganismen mineralisiert und kann nicht als langfristiger C-Pool angesehen werden. Ein kleinerer Anteil dagegen wird in Böden über lange Zeiträume gegen Abbau stabilisiert und erreicht Radiokohlenstoffalter von mehreren Tausend Jahren, wie bereits Scharpenseel und Becker-Heidmann (1989) für verschiedene Bodentypen umfassend untersuchten. Um die durch den Klimawandel und Landnutzungsänderungen im Rahmen der Bioökonomiedebatte aktuell aufgeworfenen Fragen zur Bewirtschaftung des C-Haushalts von Böden beantworten zu können, muss man jedoch das Prozessgeschehen von Auf- und Abbau organischer Substanz besser verstehen. In Abhängigkeit von prinzipiellen Boden- und Standorteigenschaften, sowie von der Bewirtschaftung, finden wir in Böden unterschiedliche Anteile der verschiedenen C-Pools und damit eine unterschiedliche Reaktivität auf Temperaturänderungen (von Lützw et al., 2009).

Für die Kohlenstoffspeicherung in den verschiedenen Humuspools der Böden sind vor allem drei Mechanismen verantwortlich (von Lützw et al., 2006):

- schwere mikrobielle Abbaubarkeit aufgrund der chemischen Struktur bestimmter Stoffgruppen des Humus (Rekalzitranz),
- räumliche Trennung der organischen Substanz und der Zersetzerorganismen: Durch die Aggregation von Bodenpartikeln wird das organische Material im Aggregatinneren vor Mikroorganismen geschützt. Es kommt dabei zur Ausbildung von Mikrohabitaten.

- Wechselwirkungen mit der Mineralphase: Die Sorption von organischem Material an Mineraloberflächen kann zur Ausbildung unterschiedlich starker chemischer Bindungen führen. Diese organo-mineralischen Komplexe können von den Mikroorganismen nicht immer angegriffen werden.

Die exakte Abschätzung der Vorräte von Bodenkohlenstoff (SOC) ist eine wesentliche Voraussetzung für die Simulation von Klimaszenarien und die Abschätzung von C-Sequestrierungs- und SOC-Verlustpotenzialen. In diesem Zusammenhang sind Änderungen der Landnutzung von immenser Bedeutung, da eine Umwandlung von naturnahen oder extensiv bewirtschafteten Flächen (z. B. Grünland, Wälder) in intensiv bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen oft mit einem starken Rückgang von SOC verbunden ist und umgekehrt

## 2. Humuszustandsstudie Bayern

Für Deutschland sind bislang nur regionale SOC-Inventuren mit einer begrenzten Probenanzahl und -qualität vorhanden. In einer Studie über die Erkenntnisse zu SOC-Vorräten in Deutschland weisen Prechtel et al. (2009) auf einen generellen Mangel an SOC-Daten hin, insbesondere für Ackerböden. Des Weiteren ist es notwendig, in zukünftigen Inventuren die SOC-Vorräte von Unterböden zu erfassen. Die Präzision bisheriger Studien ist begrenzt, da entweder nur Mittelwerte für wichtige Bodenparameter verwendet wurden oder Bodenproben innerhalb fester Tiefenstufen anstelle von Bodenhorizonten genommen wurden, was zu ungenauen Ergebnissen führen kann, wenn nur wenige Tiefenstufen mit großen Mächtigkeiten beprobt werden. Bislang liegen somit keine präzisen, landnutzungsspezifischen Abschätzungen für Gesamt-SOC-Vorräte für Deutschland sowie viele andere europäische Länder vor.

Aufgrund der unzureichenden Daten- und Erkenntnislage wurde vom Bayerischen Landesamt für Umwelt in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Bodenkunde der Technischen Universität München das Projekt „Der Humuskörper bayerischer Böden

im Klimawandel – Auswirkungen und Potenziale“ initiiert. Anhand der bislang umfangreichsten Bodeninventur, die in Mitteleuropa durchgeführt wurde, sollten Erkenntnisse bezüglich SOC-Speicherung und –Sequestrierung in den Böden Bayerns abgeleitet werden. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse ist zu finden in Wiesmeier (2014).

Die in dieser Studie berechneten landnutzungs- und bodenspezifischen SOC-Vorräte können aufgrund der hohen Standortanzahl und dem Einbezug horizontweise bestimmter Bodenparameter bis zum Ausgangsgestein als repräsentativ für Mitteleuropa erachtet werden (Abb. 1). Der Einbezug von Unterböden in die Berechnung der SOC-Vorräte zeigte, dass die Landnutzung nicht zwangsweise der kontrollierende Faktor für die SOC-Speicherung ist, sondern auch pedogenetischen Prozessen eine bedeutende Rolle zukommt. Dies zeigte sich besonders deutlich bei Grünlandböden, deren höhere SOC-Vorräte gegenüber Ackerböden auf höhere SOC-Vorräte im

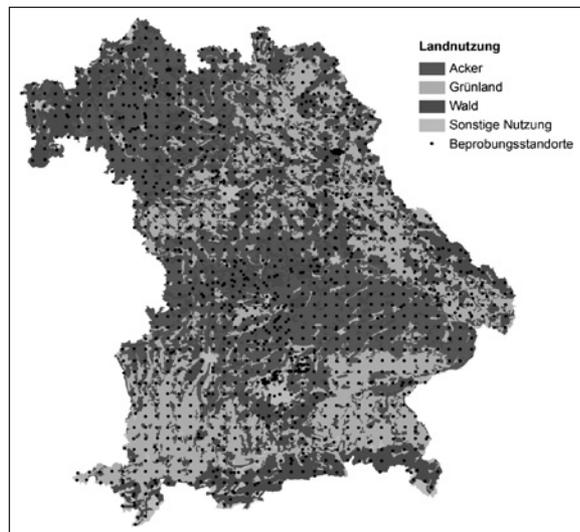


Abbildung 1: Ein Datenbestand von 1460 Bodenprofilen des LfU ermöglichte einen detaillierten Überblick über die SOC-Vorräte in Bayern.

Unterboden aufgrund einer vorwiegenden Nutzung SOC-reicher Gleye als Grünland zurückgeführt werden konnte (Wiesmeier et al. 2012). Es wird daher empfohlen, pedogenetische Bodeninformationen beispielsweise in Form des Bodentyps in SOC-Inventuren und Sequestrierungsstudien mit einzubeziehen.

### 3. Humusvorräte bayerischer Acker- und Grünlandböden

Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass eine allgemein angenommene SOC-Verarmung in Ackerböden als Folge der Bodenbearbeitung systematisch überschätzt wurde (Abb. 2). Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass eine bodenbearbeitungsbedingte Krumenvertiefung von Ackerböden von Studien mit festen Tiefenstufen nicht erkannt wurde. Eine Krumenvertiefung in den Ackerböden Bayerns auf eine Tiefe von 30 cm ist mit einer Verlagerung der organischen Bodensubstanz in die Tiefe und mit einer bedeutsamen zusätzlichen Akkumulation von SOC verbunden. Die Ergebnisse zeigen, dass Unterböden von großer Bedeutung für die SOC-Speicherung in landwirtschaftlichen Böden sind und sie daher in SOC-Studien und -Inventuren einbezogen werden sollten (Wiesmeier et al. 2013).

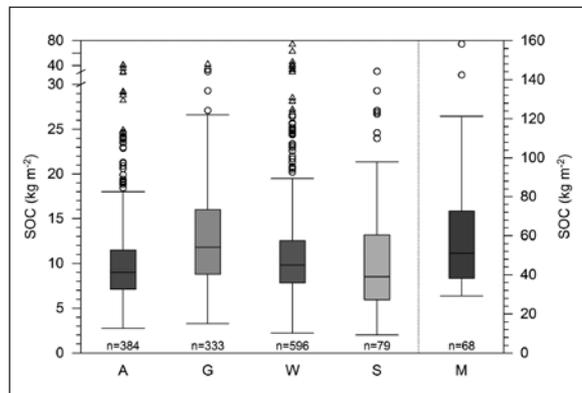


Abbildung 2: Neben Mooren (M) speichern Grünlandböden die höchsten SOC-Vorräte. Kein bedeutsamer Unterschied konnte zwischen Acker- (A) und Waldböden (W) gefunden werden.

Mögliche Überschätzungen der SOC-Verarmung von Ackerböden stellen bisherige SOC-Emissionsszenarien durch Landnutzungsänderungen in Frage und sollten sich auch auf politische Entscheidungen bezüglich der Landnutzung auswirken.

Für die SOC-Vorräte landwirtschaftlicher Böden wurde als entscheidende Steuergröße die Bodenfeuchte identifiziert. Der Einfluss klimatischer Faktoren ist in landwirtschaftlichen Böden kaum erkennbar, da es zu einem gewissen Maß zu einem Ausgleich der SOC-Vorräte durch das Management von Acker- und Grünlandböden kommt. Die regionale Verteilung der SOC-Vorräte landwirtschaftlicher Böden innerhalb Bayerns machte die Bedeutung von Flussauen und eiszeitlichen Vertiefungen und Becken für die SOC-Speicherung ersichtlich. Bedeutsame SOC-Vorräte in Ackerböden konzentrieren sich vor allem im Tertiärhügelland und den Gäuregionen. Auch in den Grünlandregionen in den Alpen und im Alpenvorland sind große SOC-Vorräte gespeichert. Hier sollten Landnutzungswechsel vermieden werden, um größere SOC-Verluste zu vermeiden.

Für die SOC-Vorräte landwirtschaftlicher Böden wurde als entscheidende Steuergröße die Bodenfeuchte identifiziert. Der Einfluss klimatischer Faktoren ist in landwirtschaftlichen Böden kaum erkennbar, da es zu einem gewissen Maß zu einem Ausgleich der SOC-Vorräte durch das Management von Acker- und Grünlandböden kommt. Die regionale Verteilung der SOC-Vorräte landwirtschaftlicher Böden innerhalb Bayerns machte die Bedeutung von Flussauen und eiszeitlichen Vertiefungen und Becken für die SOC-Speicherung ersichtlich. Bedeutsame SOC-Vorräte in Ackerböden konzentrieren sich vor allem im Tertiärhügelland und den Gäuregionen. Auch in den Grünlandregionen in den Alpen und im Alpenvorland sind große SOC-Vorräte gespeichert. Hier sollten Landnutzungswechsel vermieden werden, um größere SOC-Verluste zu vermeiden.

#### 4. Kohlenstoffspeicherkapazität landwirtschaftlich genutzter Böden

Ein Vergleich der aktuellen SOC-Konzentration der Schluff- und Tonfraktion von Böden mit der potenziellen OC-Sättigung dieser Fraktion, die anhand von Texturdaten nach der Gleichung von Hassink (1997) bestimmt wurde, deutete auf ein großes C-Sequestrierungspotenzial landwirtschaftlicher Böden in Bayern hin (Wiesmeier et al. 2014a). Da Acker- und Grünlandböden lediglich eine Sättigung von 47 % und 73 % aufwiesen, wurde für den A-Horizont dieser Böden ein beträchtliches C-Sequestrierungspotenzial von insgesamt 395 Mt CO<sub>2</sub>-Äquivalente geschätzt, was mehr als der vierfachen Menge der jährlichen Treibhausgasemissionen Bayerns (94 Mt CO<sub>2</sub>-Äquivalente) entspricht. Im Gegensatz dazu waren Waldböden nahezu gesättigt und wiesen nur ein geringfügiges C-Sequestrierungspotenzial auf. Allerdings scheint der Hassink-Ansatz für vorwiegend saure Waldböden nicht geeignet zu sein, da hier andere Stabilisierungsprozesse eine Rolle spielen.

Obwohl es teilweise großer Unsicherheiten bezüglich der Effizienz und Anwendbarkeit von Maßnahmen gibt, die für eine Steigerung der SOC-Vorräte in landwirtschaftlich genutzten Böden vorgeschla-

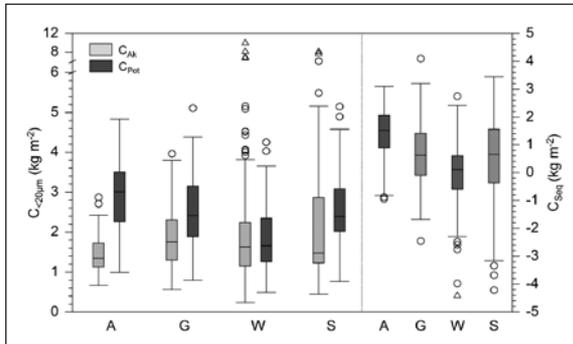


Abbildung 3: Bei relativ ähnlichen aktuellen C-Vorräten der Schluff- und Tonfraktion <20 µm (CAk) ist das maximale C-Speicherungspotenzial nach Hassink (CPot) in Acker- und Grünlandböden (A, G) deutlich höher als in Waldböden (W). Dadurch ergibt sich ein höheres C-Sequestrierungspotenzial (CSeq).

gen wurden, könnte ein verbessertes Management der Böden grundsätzlich zu einer bedeutsamen C-Sequestrierung führen. Daneben ist ein Anstieg der SOC-Vorräte auch mit anderen Vorteilen wie einer Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, der Bodenstruktur, der Wasserspeicherkapazität und letztendlich der Agrarproduktivität verbunden. Weitere beachtenswerte Aspekte höherer SOC-Vorräte in landwirtschaftlich genutzten Böden sind ein verringertes Risiko der Bodenerosion, eine geringere Eutrophierung und Gewässerbelastung sowie verringerte Düng- und Treibstoffkosten.

Die Quantifizierung funktioneller SOC-Fraktionen und -Pools zeigte grundsätzliche Unterschiede zwischen landwirtschaftlich genutzten Böden und Waldböden (Wiesmeier et al. 2014b). In Acker- und Grünlandböden sind nahezu 90 % der gesamten SOC-Vorräte in intermediären und stabilen SOC-Pools gespeichert.

Die hohen Vorräte in Grünlandböden, insbesondere im Unterboden, sind unter anderem das Ergebnis eines hohen Eintrags organischen Materials, was mit einer ausgeprägten Aggregation des Bodens verbunden ist. Ackerböden besaßen etwa 30 % geringere SOC-Vorräte sowie einen geringen Anteil von in Aggregaten gespeichertem SOC. Allerdings war der Gesamtanteil von intermediärem SOC vergleichbar in Acker- und Grünlandböden, da in Ackerböden ein höherer SOC-Anteil mit Schluff- und Tonpartikeln assoziiert ist. Vermutlich kommt es in gepflügten Ackerböden zu einer verstärkten Bildung organomineralischer Assoziationen, da kontinuierlich ein erhöhter Kontakt zwischen verfügbaren Mineraloberflächen und Ernterückständen geschaffen wird (Vogel et al., 2014). Dies könnte SOC-Verluste aufgrund der Zerstörung von Bodenaggregaten in Ackerböden zumindest teilweise ausgleichen.

In Waldböden zeigten sich dagegen weitaus geringere Anteile von intermediärem und stabilem SOC und dementsprechend höhere Anteile labiler SOC-Vorräte von 40 % in Form höherer OC-Vorräte von

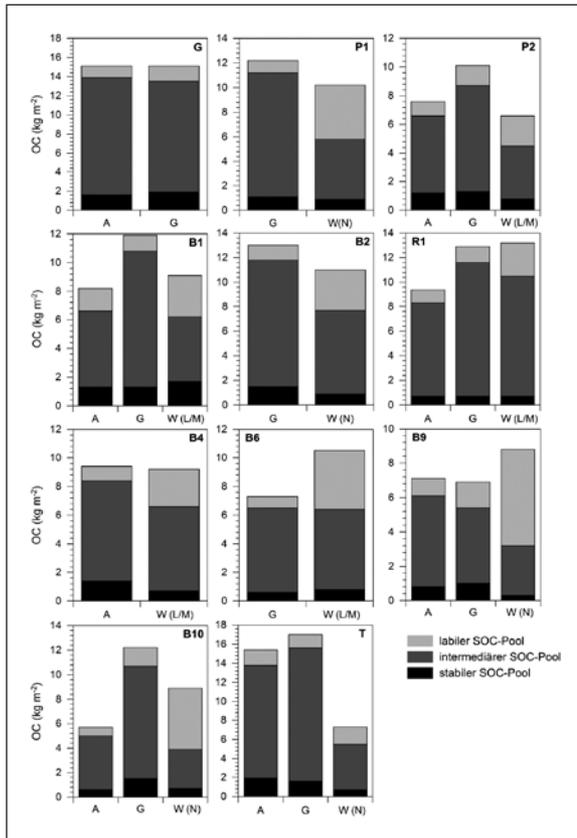


Abbildung 4: In den meisten der untersuchten Bodenklassen zeichneten sich Waldböden (W) durch einen weitaus höheren Anteil labiler SOC-Vorräte aus als Acker- und Grünlandböden (A, G).

gelöster und partikulärer organischer Substanz sowie der organischen Auflage. Obwohl der Gesamt-SOC-Vorrat in Waldböden etwas höher war als in Ackerböden, wurden niedrigere intermediäre und stabile SOC-Vorräte im Vergleich zu landwirtschaftlichen Böden festgestellt. Acker- und Grünlandböden sind daher als besonders vorteilhaft bezüglich einer langfristigen SOC-Speicherung und -Sequestrierung in Bayern einzustufen.

## Fazit

In Böden unterschiedlicher Genese und Zusammensetzung sind verschiedene Mechanismen für die Akkumulation organischer Substanz verantwortlich. Viele dieser Prozesse werden von langfristigen bodenbildenden Prozessen, wie z.B. der Verwitterung und Mineralneubildung beeinflusst. Die vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass der Bodentyp und der Bodenentwicklungszustand für die Kohlenstoffspeicherung sehr wichtig sind. Neben anderen wesentlichen Faktoren wie Landnutzung und Landnutzungsgeschichte bekommt damit das Wissen um bodenbildende Prozesse und die pedogenetische Differenzierung von Böden eine wesentliche Bedeutung für das Verständnis der Stabilisierung organischer Substanzen in Böden als Basis für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung im Rahmen der Bioökonomie.

## Danksagung

Wir bedanken uns beim Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz für die Finanzierung des Projekts „Der Humuskörper bayrischer Böden im Klimawandel – Auswirkungen und Potentiale“.

## Literatur

- Hassink J (1997) The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant and Soil*, 191(1), 77-87.
- Kögel-Knabner I, Guggenberger G, Kleber M, Kandeler E, Kalbitz K, Scheu S, Eusterhues K, Leinweber P (2008) Organo-mineral associations in temperate soils: integrating biology, mineralogy and organic matter chemistry. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171, 61-82.
- Oades JM (1988) The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry* 5, 35 – 70.
- Prechtel A, von Lützw M, Schneider BU, Bens O, Kögel-Knabner I, Hüttl RF (2009) Organic carbon in soils of Germany: Status quo and the need for new data to evaluate potentials and trends of soil carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172, 601-614.
- Scharpenseel H-W, Becker-Heidmann P (1989) Shifts in <sup>14</sup>C patterns of soil profiles due to bomb carbon, including effects of morphogenetic and turbation processes. *Radio-carbon* 31, 627-636.
- Vogel C, Mueller CW, Höschen C, Buegger F, Heister K, Schulz S, Schlöter M, Kögel-Knabner I (2014) Submicron structures provide preferential spots for carbon and nitrogen sequestration in soils. *Nature Communications*, 5:2947 | DOI: 10.1038/ncomms3947.
- Von Lützw M, Kögel-Knabner I, Ekschmitt K, Matzner E, Guggenberger G, Marschner B, Flessa H (2006) Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review. *European Journal of Soil Science* 57, 426-445.
- Von Lützw M, Kögel-Knabner I, Ekschmitt K, Flessa H, Guggenberger G, Matzner E, Marschner B (2007) SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. *Soil Biology & Biochemistry* 39, 2183-2207.
- Von Lützw M, Kögel-Knabner I (2009) Temperature sensitivity of soil organic matter. *Biology and Fertility of Soils* 46, 1-15.
- Wiesmeier M, Spörlein P, Geuß U, Hangen E, Haug S, Reischl A, Schilling B, von Lützw M, Kögel-Knabner I (2012) Soil organic carbon stocks in southeast Germany (Bavaria) as affected by land use, soil type and sampling depth. *Global Change Biology* 18, 2233-2245.
- Wiesmeier M, Barthold F, Hübner R, Spörlein P, Geuß U, Hangen E, Reischl A, Schilling B, von Lützw M, Kögel-Knabner I (2013) Amount, distribution and driving factors of soil organic carbon and nitrogen in cropland and grassland soils of southeast Germany (Bavaria). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 176, 39-52.
- Wiesmeier M, Hübner R, Spörlein P, Geuss U, Hangen E, Reischl A, Schilling B, von Lützw M, Kögel-Knabner I (2014a) Carbon sequestration potential of soils in southeast Germany derived from stable soil organic carbon saturation. *Global Change Biology* 20, 653-665.
- Wiesmeier M, Schad P, von Lützw M, Pöplau C, Spörlein P, Geuss U, Hangen E, Reischl A, Schilling B, Kögel-Knabner I (2014b) Quantification of functional soil organic carbon pools for major soil units and land uses in southeast Germany (Bavaria). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 185, 208-220.
- Wiesmeier M (2014) Der Humuskörper bayerischer Böden im Klimawandel – Auswirkungen und Potentiale. *UmweltSpezial*, Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg.

## Diskussion



### BREVES, HANNOVER

Zu ihren Ausführungen, die ich im Übrigen sehr interessant fand, noch eine ergänzende Frage. Wenn sie diesen ganzen Komplex der stofflichen Umsetzung im Boden betrachten, sind die Mikroorganismen sicherlich der wichtigste Faktor. Sind in dieser Studie, von der sie berichtet haben, auch die mikrobiellen Aspekte, sprich in qualitativer und vielleicht, soweit das möglich ist in Modellstudien, auch in quantitativer Hinsicht mit erfasst worden? Ergänzend noch dazu. Wenn landwirtschaftlich genutzte Flächen mit wirtschaftseigenem Dünger gedüngt werden, dann gibt dies ja auch bildlich gesprochen einen massiven Input an weiteren, ganz sicher völlig anderen Mikroorganismen. Wie wirkt sich das auf dieser Ebene der mikrobiellen Population aus? Wie ist da unser Kenntnisstand?

### ANTWORT

Dieser Datensatz, den wir da auswerten konnten, enthält keinerlei Mikrobiologie. In den Modellvorstellungen und in den Daten, die da in das Modell eingingen, ist sozusagen die mikrobielle Umsetzung passee. Es gibt natürlich diese modernen Sequenzierungsmethoden. Dies hat die Möglichkeit, die mikrobielle Biomasse und die mikrobielle Gemeinschaft im Detail zu analysieren, was man vor 15 Jahren noch gar nicht konnte. Die meisten Organismen sind ja nicht zu kultivieren, aber jetzt wissen wir eben, dass es da 100.000 von Arten gibt und wenn ich die Arbeiten, die mein Kollege der Mikrobiologie in Böden

durchführen, richtig verstehe, dann kann man schon die mikrobielle Gemeinschaft verändern mit den Organismen, die man zuführt über Gülle zum Beispiel. Das sind dann ganz massive Mengen. Er hat es gefunden da wo die Tiere fressen und liegen. Wenn die immer im gleichen Bereich gehalten werden, dann schon. Aber prinzipiell ist die Gemeinschaft sehr stark vom Habitat abhängig. Es hängt eben davon ab, wie die da liegen können, also von der Struktur. Die steuert das wahrscheinlich wesentlich mehr. Was wir erst langsam anfangen, zu verstehen, ist, wie die funktionelle Diversität ist. Es gibt genügend Prozesse in diesem Abbausystem, die wahrscheinlich redundant besetzt sind. Wo also 20, 30, 50, 100 Arten das gleiche machen. Zellulose abbauen können eine ganze Menge Organismen natürlich. Aber wir fangen erst an, überhaupt zu verstehen, welche funktionale Diversität da ist. Das ist auch schwieriger analytisch zu machen, weil man dann von der Analyse der Gene weg muss auf die Genexpression und dann ist da noch einmal eine Stufe mehr zu machen. Aber das kommt und das hat auch wieder zur Folge, haben wir heute Nachmittag sehr schön diskutiert, dass sie riesige Datensätze haben. Wo es da um Megadaten und Big Data geht. Das muss man dann händeln, so Bioinformatik mäßig.

### RODEHUTSCORD, HOHENHEIM

Ich fand das auch extrem spannend, dem Thema zuzuhören. Herzlichen Dank. Ich würde gerne in diesem Diskussionsfeld noch ein bisschen bleiben. Sie

haben ja wiederholt darauf hingewiesen, wie wichtig die Rückführung von Kohlenstoff ist und waren da ziemlich fokussiert auf das, was jetzt wirklich im Ackerbau oder bei der Ernte an Rückständen anfällt. Und wenn wir uns jetzt einen tierhaltenden Betrieb oder eine tierreiche Region vorstellen, dann haben wir natürlich auch Rückführung über die Wirtschaftsdünger an Kohlenstoff, aber gleichzeitig natürlich eine ganze Reihe von anderen Verbindungen, stickstoffhaltige Verbindungen, Mengenelemente, Spurenelemente, die also doch in deutlich höheren Mengen zurückgeführt werden in den Boden als das in reinen Ackerbauregionen der Fall ist. Beim Zuhören kam mir ein bisschen die Frage: Ist es überhaupt schon einmal untersucht worden, ob die Dinge, die sie hier dargelegt haben, auch zwischen tierhaltenden Regionen und Ackerbauregionen unterschiedlich sind? Beeinflusst das evtl. die Mikrobiologie des Bodens, wenn da auch Elemente zugeführt werden? Ich kam darauf, weil sie die Unterschiede zwischen dem Grünland und dem Ackerland ansprachen. Vielleicht hängt es damit zusammen, dass oft beim Grünland auch andere Dinge zurückgeführt werden, wegen der Nähe zur Tierhaltung als in den reinen Ackerbauregionen. Gibt es da Informationen oder können sie sich das vorstellen?

ANTWORT

Ich habe keine Informationen dazu. Aber ich kann mir sicher vorstellen, dass das einen Effekt hat. Ich kann mir auch gut vorstellen, dass man, wenn man die mikrobielle Gemeinschaft im Grünland anschaut, man da Unterschiede findet zum Ackerland. Einfach auch weil das System ja anders ist. Der Acker wird ja stärker gestört und hat teilweise, was die Lebensbedingungen betrifft, andere Bedingungen als das Grünland und im Grünland würde ich auch meinen, dass das generell eine stärkere Kohlenstoff- also gleichmäßigere Kohlenstoffzufuhr hat, weil die Wurzelexsudate immer da sind. Beim Acker sind die ja irgendwann einfach weg über den Winter, wenn man im Winter eine neue Zwischenfrucht hat. Daten dazu weiß ich nicht. Es gibt diese Community-Analysen, die fangen

erst an. Sie sind auch alle nur im Oberboden bisher. Ich habe auch mit meinen Kollegen diskutiert, dass die auch ein bisschen weiter runter schauen müssten. Da kann ich nichts dazu sagen.

KNEIFEL, WIEN

Auf die vorher gestellte Frage kam mir auch so ein bisschen die Überlegung. Es muss doch dann auch Probiotika für Böden geben? Das klingt auch ganz interessant.

ANTWORT

Es gibt auch Leute, die daran arbeiten. Die Schwierigkeit ist eher, dass die sich durchsetzen gegenüber der natürlich vorhandenen Community.

KNEIFEL, WIEN

Aber meine Frage geht vielleicht in eine sehr laienhafte Richtung, und zwar vor dem Hintergrund der Kleiebioraffinerie, wo bei uns in der letzten Zeit festgestellt wird, ob eventuell der Phosphoranteil, der in der Kleie drinnen ist, ein Thema ist. Meine Frage: Phosphor muss ja regelmäßig den Nutzboden zugeführt werden. Wie lange haben wir denn noch anorganische Vorräte an Phosphor? Wann könnten wir rechnen, dass wir das dann aus dem Bereich der Bioraffinerie vielleicht etwas aufbessern können?

ANTWORT

Vorräte im Boden jetzt oder die globalen?

Herr Schneider hat es angesprochen. Es kommt mit dem Düngerphosphat eine Menge Cadmium in die Böden rein, weil es einfach in den mineralischen Vorräten vorhanden ist. Es gibt unterschiedliche Studien, von 50 bis – die höchste Zahl, die ich kenne ist 400 Jahre. Je nach dem wird das berechnet. Ich denke auch, dass man davon ausgeht, dass man irgendwann das wieder rausholen muss, was man durch die Erosion dann da reingebracht hat über die Jahre. Der Boden ist für viele dieser Dinge, weil er eben diese Funktion, Anionenaustauscher, Kationenaustauscher, alles gleichzeitig, er hält alles fest.

KAGE, KIEL

Vielen Dank, dass sie noch einmal sehr schön gezeigt haben, dass Humusgehalt auch was mit hohen Erträgen zu tun hat, dass Produktivität am Boden Kohlenstoffgehalte durchaus auch positiv miteinander kooperieren können. Das ist eine Botschaft, die in der Öffentlichkeit durchaus auch anders rüberkommt. Da werden ja die Böden ausgelaugt durch die Landbewirtschaftung usw. Da gibt es natürlich Dinge, die man noch diskutieren kann. Der Kohlenstoffgehalt in diesem Sinne, da ist ja eine Entwarnung da. Ein anderes Problem kurz. Sie haben auch die Forderung gestellt, jetzt noch einmal die Kohlenstoffgehalte deutlich zu erhöhen. Es ist nicht ganz so einfach, dass diese 50 % Spaltung noch einmal hinzukommen. Eine Reihe von Dauerversuchen, wo man das ja historisch probiert hat, da muss man Unmengen an Stallmist drauf packen, bis man dann tatsächlich diese Kohlenstoffgehalte erzielt hat. Das ist ja das Problem, was wir teilweise heute haben. Herr Rodehutsord hat es auch indirekt angesprochen. Wir haben ja eigentlich doch einen Status, zumindest was die Nährstoffflüsse angeht, einer tendenziell vielleicht sogar zu hohen Bodenfruchtbarkeit, jetzt bezogen auf dieses Merkmal der Nährstoffnachlieferung, Nährstoffflüsse. Wir haben ja da das Problem, dass wir häufig in der vegetationsfreien Zeit, angereicherten, auch im CN-Verhältnis im eingeeengten Bodenvorrat Stickstoff bekommen, indem wir in der Regel auch durch Fruchtfolge nicht mehr produktiver werden können. Das ist auch das, was dem Rapszüchter dann auf die Füße fällt, weil der Raps ist eigentlich vergleichsweise keine unwichtige Kultur, aber eben durch Fruchtfolge Stellung, weil der Weizen nimmt das nicht auf. Wir kriegen dann die Probleme und wenn dann Bodenkundler fordern, wir müssten die Kohlenstoffwerte noch deutlich erhöhen, dann muss sich weltweit erst mal gefragt werden, wo kommt denn der Stickstoff dafür her, weil wir können bisher ja nur schwer nur Kohlenstoff anreichern, ohne gleichzeitig auch Stickstoff anzureichern. Oder sehen sie da Wege? Biocha oder andere Möglichkeiten?

ANTWORT

Mit Biocha können sie wirklich nur Kohlenstoff in den Boden bringen. Wenn sie es über andere Reste wollen und langfristig speichern wollen, das geht über die Zwischenstufe der mikrobiellen Biomasse, die ihre Exsudate dann da an die Mineraloberfläche dran klebt und das CN-Verhältnis von Bakterien ist eben sechs von 14, 10, oder 12. Deswegen, wenn man das CN-Verhältnis der Tonfraktion in Böden anschaut, wenn das ein ganz verarmtes System ist, dann ist das CN-Verhältnis in allen Tonfraktionen 10. Das sind Verbindungen, die da dran kleben mit diesem CN-Verhältnis. Standardmäßig, wenn man über die natürlichen Rückstände geht und Kohlenstoff in den Boden bringt, ist der Stickstoff immer dabei. Ich will ja auch damit sagen, dass wir unbedingt überall den Kohlenstoff erhöhen müssen. Wir haben ein Potential an manchen Standorten, aber auch eben nicht an allen und das sind im Wesentlichen die feinkörnigen Standorte und auch da kann man, wenn man diese stabile Fraktion erhöhen will, dann kann man das nicht machen, indem man 1, 2, 3 Jahre sehr viel drauf schmeißt, sondern indem man lange, lange, lange mäßige Zufuhr hat. Dann kann man das auch steigern. Die Reaktivität des Bodens für Humus ist eben keine schnelle. Gott sei Dank nicht. Man kann nämlich auch den Boden ganz schnell verarmen oder kaputt machen, weil ja Kohlenstoff auch ganz schnell raus geht. Auch wenn sie den Boden schlecht bewirtschaften und wenig Kohlenstoff reinbringen, dauert es 10, 20 Jahre, bis sie massive Humusverluste haben. Das ist ja auch ganz gut so, sonst hätte die Menschheit nicht so lange überlebt. Weil der Boden so stabil ist und so langsam reagiert und es ein so pufferndes System ist, ist ein großes Problem außer ökonomisch, wenn ich 1, 2, 3 Jahre schlecht den Boden behandle.

SCHENKEL, HOHENHEIM

Wenn ich richtig informiert bin, muss ja im Rahmen des Cross Compliance jeder Landwirt eine Humusbilanz rechnen. Es sind ja auch Humusreproduktionsfaktoren in der Diskussion. Muss ich das jetzt

nach ihrem Vortrag vergessen oder ist es immer noch aktuell?

ANTWORT

Ich denke, man sollte da noch einmal nachschauen, was da aktuell ist. Das sind Faustzahlen, die sind eben einmal erhoben worden. Wir denken eben dadurch, dass die Erträge höher sind, dass die Werte auch höher sind.

SCHENKEL, HOHENHEIM

Na gut, die sind ja jetzt noch einmal überarbeitet worden. Kurze zweite Frage: Ich bin ja nur ein bescheidener Tierernährer. Wenn ich jetzt ihrem Vortrag gefolgt bin, muss man ja die C-Fractionen sehr differenziert sehen und gibt es für diese Fractionen, die sie dargestellt haben schon normierte, validierte Methoden oder sind es noch wissenschaftliche Entwicklungen aus ihrer Arbeitsgruppe?

ANTWORT

Normierte Methoden, das ist nicht so ganz einfach, weil ein bisschen verschiedene unterwegs sind. Wir sind natürlich nicht die einzigen, die so fraktionieren. Es gibt Ansätze, das kann man auch sehr wissenschaftlich in viele Fractionen zerfließen lassen. Es gibt schon Ansätze, dass man so 2, 3 Fractionen hat, also es gibt es nicht, aber man könnte da relativ gut was erarbeiten, was auch nicht sehr schwierig zu machen ist. Man braucht immer noch einen C-Analysator danach und man braucht eine Zentrifuge, solche Sachen, aber man muss nicht so sehr komplex da ran gehen.

SAUERBORN, HOHENHEIM

Sie haben mein Weltbild zum Kohlenstoffhaushalt ein bisschen durcheinander gebracht, insbesondere was die konservierende Bodenbearbeitung anbelangt. Hatten wir gerade letzte Woche in Hohenheim im Workshop das Gegenteil von dem gehört, was sie uns jetzt sagen. Was mich aber interessiert, da ich mehr in den Tropen und Subtropen arbeite: Wie übertragbar sind eigentlich ihre Ergebnisse oder ist das tatsächlich nur für diesen bayrischen Standort, den sie uns erklärt

haben oder kann ich das in andere Regionen oder Ökozonen übertragen? Die andere Frage: Wenn 40 % der C-Fractionen labil vorliegen, wenn ich dann den Wald wegnehme, dann müsste ich doch erwarten, dass 40 % auch verloren gehen.

ANTWORT

Tun sie auch. Das kann man auch zeigen. Wir haben zum Beispiel Fläche untersucht im Nationalpark Bayerischer Wald, wo der Borkenkäfer da war und die Bäume weg waren und haben geschaut, wie sieht es aus nach 27 Jahren Befall und Absterben der Bäume. Den Gesamtkohlenstoff kann man so ein bisschen sehen, aber auch nur im Oberboden im Wald, aber diese labile Fraction geht deutlich zurück. Immer, wenn sie komplett abholzen, dann geht da ein Flash von Kohlenstoff raus. Das ist so. Bezüglich der ersten Frage mit der konservierenden Bodenbearbeitung. Das ist eine langfristige Betrachtung. Wenn sie das kurzfristig nach 2, 3, 4 Jahren anschauen, dann haben sie vor allem im Oberboden natürlich mehr Kohlenstoff und es hängt dann auch davon ab, wie sie das Bodenleben befördern. Wenn sie wirklich die Biotopation hinkriegen, mit Bodenleben, Regenwürmern, die wir heute noch nicht angesprochen haben, die aber für den Kohlenstoffeintrag und -abbau auch eine sehr wichtige Gruppe sind, dann können sie das auch weiterhin tiefer in den Untergrund bringen. Es gibt vermehrt Hinweise darauf, warum man das sehr lange macht. Also wenn sie sagen 30 cm abnehmen, dass dann der untere Bereich vom AP über die Jahre Verluste hat. Das ist eine Umverteilung. Das heißt nicht, dass man insgesamt sehr viel weniger hat. Also wenn sie nur den Oberboden betrachten, nur die ersten 10 cm, dann haben sie damit massive Gewinne. Die haben sie dann unten langfristig verloren, aber auch nicht innerhalb von fünf Jahren. Man muss immer sehen, der Boden reagiert langsam.

HORN, KIEL

Die Diskussion um die Zugänglichkeit von Oberflächen, die würde nochmal das Potential der Speicherfähigkeit für Kohlenstoff doch ein bisschen

modifizieren, denn wenn du die konventionelle Bodenbewirtschaftung gegen die konservierende, wirklich langfristig nicht den Boden anfasst, sondern die Strukturentwicklung wirklich zum optimalen Zustand führt, nämlich makroskopisch-homogen, dann hast du eine sehr viel höhere zugängliche Oberfläche bei konservierender im Vergleich zu konventionell, so dass du von daher auch noch wiederum neue Plätze bei der längerfristigen Nichtbearbeitung schaffen könntest. Ich fürchte, dass das Potential, diese 50 %, die da nur voll zu sein scheinen, einfach daran liegt, dass du deine Oberflächen aus der Körnung ableitest, aber nicht aus der Zugänglichkeit von Arregaten.

ANTWORT

Ja klar. Das ist ein reines Potential und es ist von Hassing entwickelt. Was man bedenken muss, wieviel oberirdisch reinkommt und wieviel unterirdisch reinkommt. Es kommt dann natürlich auch drauf an, welche Kultur hat die tiefsten Wurzeln. Es kommt wesentlich mehr als wir immer denken durch Wurzeln aber auch durch Exsudate zur Deposition insgesamt in den Boden. Es muss ja der Kohlenstoff an die Stelle kommen, wo er dann auch umgesetzt werden kann und festkleben kann. Das hat auch damit zu tun, dass das Bodenvolumen ausgenutzt wird, weil natürlich die Rizosphäre auch mit Organismen voll ist.

KALM, KIEL

Wie kann man die Filterwirkung etwas verbessern? Wir haben einerseits den intensiven Pflanzenbau mit der Düngung, und andererseits betreiben wir ein bisschen Pflanzenschutz, damit die Pilze sich nicht ausbreiten. Im Boden werden bereits Mykotoxine nachgewiesen, wie kann man die Filterwirkung verbessern, damit die Mykotoxine nicht in das Grundwasser kommen. Könnte man da bestimmte Maßnahmen ergreifen? Gibt es da Untersuchungen zu dem Thema?

ANTWORT

Das ist ein Problem mit dem Pflanzenschutz. Da haben wir eigentlich eine Frage an den Bodenphysiker. Auch da sind natürlich die Bodenstruktur und das Erhalten der Bodenstruktur wichtig. Aber es ist immer eine Frage von der Aufbringungsmenge. Wir haben auch Poren die präferenziellen Fluss machen, ein Regenwurmengang oder ein Wurzelgang, der geht dann Meter durch. Wenn es dann regnet, geht das Sickerwasser da auch durch. Wir haben zwei Bereiche von Wasser im Boden. Wir haben einen schnellen Bereich, wo es sozusagen durchrauscht und diese groben Poren und wir haben einen langsamen Bereich, wo es dann auch gar nicht sehr viel fließt. Wenn hohe Mengen kommen, dann hat man diesen Bypassfluss und den kann man gar nicht vermeiden.

# Innovation Pflanzenzüchtung

Leistungsvorhersage mittels tiefer genetischer und biologischer Markerinformationen



Die Pflanzenzüchtung und Pflanzenproduktion steht vor enormen Herausforderungen, die sich aus dem stark wachsenden Bedarf an pflanzlichen Agrarprodukten ergeben. Um diesen Herausforderungen begegnen zu können, sind erhebliche methodisch-technische Fortschritte in der Pflanzenzüchtung erforderlich, um bedarfsgerecht leistungsfähigere und ertragsstabilere Sorten bereitstellen zu können. In diesem Beitrag soll ein Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten der Innovation gegeben werden, die sich aus den aktuellen Entwicklungen in der Pflanzenzüchtungsforschung ergeben.

## Herausforderungen an die Pflanzenzüchtung

Der projizierte Bedarf an Nahrungsmitteln steigt stärker an, als die bisherigen erzielten Produktionssteigerungen, die schon sehr dramatisch waren (s. Tester und Langridge, 2010): Im Zeitraum von 1962 bis 2007 ist weltweit der gewaltige Anstieg von mehr als 1 Milliarde Tonnen Getreideproduktion auf ca. 2,3 Milliarden Tonnen pro Jahr erzielt worden. Hingegen geht die Projektion des zukünftigen Bedarfs noch über die Fortschreibung dieser Entwicklung hinaus. Die Anstrengungen müssen somit deutlich erhöht werden, da eine Weiterentwicklung mit den bisherigen Steigerungen nicht ausreichend sein wird. Die in den vergangenen Jahrzehnten erzielte Zunahme der Produktion verlief parallel mit dem Bevölkerungswachstum, so dass nominell die Pro-Kopf-Produktion nur geringfügig angestiegen ist und gerade in den letzten 20–25 Jahren nahezu konstant geblieben ist (gem.

Daten von FAOSTAT und United Nations Statistics Division). Die bestehenden Prognosen gehen davon aus, dass mit der weiter steigenden Weltbevölkerung und der zunehmenden Veränderung der Verbraucheransprüche die Produktion an Getreide um mindestens 50 % gesteigert werden muss. Mit dem zu erwartenden steigenden Fleischkonsum sind wahrscheinlich sogar noch höhere Produktionszuwächse nötig (Bruinsma, 2009). Die projizierte Nachfrage steigt damit über den bisherigen Trend an. Die Produktivität ist also umso mehr steigern und dies vor dem Hintergrund negativer Einflüsse wie zunehmende Ressourcenknappheit und die (global gesehen) negativen Auswirkungen des Klimawandels (s. Qaim und Klümper, 2013), die in den vorherigen Beiträgen bereits dargestellt sind. Weitere, ebenfalls in den vorherigen Beiträgen bereits angesprochene Herausforderungen sind die Veränderungen in der Nachfrage bzw. die Verstärkung der Nachfrage an nachwachsenden Rohstoffen und Energieträgern. Dies lässt sich an der Entwicklung des Bedarfs und der entsprechenden Produktion von Mais in Deutschland beispielhaft verdeutlichen: In den 11 Jahren von 2001 bis 2012 hat sich die Anbausituation dramatisch verändert. Die für den Maisanbau genutzte Ackerfläche ist um etwa 1 Mio. Hektar, von 1,5 Mio. auf 2,5 Mio. Hektar, angestiegen, also von ca. 12,5 % der Ackerfläche Deutschlands auf ca. 21,5 % (gem. Daten des Statistischen Bundesamtes und des Deutschen Maiskomitees). Dieser Zuwachs ist nahezu ausschließlich auf den vermehrten Anbau von Silomais zurückzuführen, während der Anbau von

Körnermais praktisch konstant geblieben ist. Diese Entwicklung ist vermutlich zu einem großen Anteil darauf zurückzuführen, dass ein erheblicher Anteil der Maisproduktion für die Biogaserzeugung eingesetzt wird: Etwa 20 % der Gesamtmaisproduktion oder etwa ein Viertel der Silomaisproduktion wird für die Biogasproduktion genutzt, so dass fast der gesamte Anstieg, der parallel mit der Zahl und der Leistung der installierten Biogasanlagen erfolgt ist, auf diesen zusätzlichen, neuen Bedarf zurückzuführen ist. Diese Entwicklung hat dazu geführt, dass Mais mittlerweile nach Weizen an zweiter Stelle in der in Deutschland bebauten Fläche rangiert. Eine ähnliche Entwicklung hat der Raps genommen, hier in Bezug auf Biodiesel.

Eine weitere Herausforderung, zumindest in den entwickelten Ländern, d.h. in Ländern mit hoch entwickelter Landwirtschaft, ist ein Rückgang des Anteils an der Produktivitätssteigerung, der durch Verbesserungen im Pflanzenbau und im Pflanzenschutz erzielt wird. Dieser Anteil kann nicht mehr das Ausmaß erreichen, wie noch vor einigen Jahren oder Jahrzehnten, wo er je etwa ein Drittel des Produktionszuwachses ausgemacht hat. Aktuelle Schätzungen sagen, dass die Pflanzenzüchtung schon jetzt bis zu 50 % übernimmt und zukünftig vielleicht sogar bis zu 70 % der Produktivitätssteigerung leisten muss, da in den anderen Bereichen nicht mehr sehr viel Spielraum gegeben ist. Schließlich sind die sich verändernden Umweltbedingungen zu berücksichtigen, die ebenfalls schon in den vorangegangenen Beiträgen besprochen wurden. Am Beispiel von Daten zu Weizen-Linien, die in Australien an gut mit Wasser versorgten Standorten und an Trockenbaustandorten angebaut worden sind, lässt sich der Einfluss des Genotyps verdeutlichen (Tester und Langridge, 2010): An einem guten Standort haben drei herausgegriffene Linien (Kugri, Exkalibur und RAC 875) etwa den gleichen Ertrag, der knapp über dem Durchschnitt der 50 insgesamt untersuchten Linien lag. An den Trockenstressstandorten hingegen sinkt der Ertrag der Linien Kugri und Exkalibur dramatisch gegenüber dem Durchschnitt aller Genotypen ab. Andere Genotypen (wie RAC 875) sind eher stabil und liegen auch an den Trockens-

standorten über dem Gesamtdurchschnitt. Verschiedene Genotypen reagieren also unterschiedlich auf die jeweiligen Umweltbedingungen und eine Hochleistungssorte ist nicht notwendigerweise für alle Regionen gleichermaßen geeignet. Wenn sich nun die Bedingungen ändern, müssen neue Genotypen erzeugt und eingesetzt werden, die besser daran angepasst sind. Während für Deutschland insgesamt ein positiver Effekt des Klimawandels erwartet wird, sind die weltweit erfolgenden Veränderungen insgesamt negativ, d.h. sie führen beim Anbau der aktuellen Sorten voraussichtlich zu Ertragseinbußen. Es werden also neue, an die veränderten Umweltbedingungen besser angepasste Sorten benötigt.

Eine weitere kritische Entwicklung ist gerade für den Weizen ein, zumindest scheinbares, Plateau der Produktivität in Europa, hier gezeigt für Deutschland, Frankreich und Großbritannien (Brown, 2012). In den letzten 10 Jahren war hier kaum noch eine Produktivitätssteigerung zu verzeichnen. Ein ähnlicher Trend zeigt sich im Westen der USA (*Lin und Huybers, 2012*). Auch hier verlangsamten sich bzw. stagnierten in den letzten 15–20 Jahren die erzielten Ertragssteigerungen. Mit den bisher verwendeten Technologien und Verfahrensweisen sind weiterer Ertragsfortschritte wohl kaum zu erzielen. Vor diesem Hintergrund besteht die Notwendigkeit substantielle Fortschritte in den Verfahrensweisen der Pflanzenzüchtung zu erzielen und Innovationen einzuführen, um den wachsenden Bedarf decken zu können.

### **Innovationen in der Pflanzenzüchtung**

In den folgenden Abschnitten werden eine Reihe aktueller Entwicklungen und Innovation erläutert, mit deren Hilfe erhebliche Beschleunigungen und Verstärkungen des Zuchtfortschrittes möglich werden.

### **Beschleunigung des Zuchtvorgangs**

Ein klassischer Zuchtgang dauert 10–12 (z. T. mehr) Jahre, in denen aus einer ursprünglichen Kreuzung über mehrere Selbstungsgenerationen homogene Linien erzeugt werden und die in vielen Schritten zu selektieren sind. Diese vielen Generationen sind zu

durchlaufen, bis eine neue homogene und weitgehend homozygote Linie erzeugt ist (z. B. Friedt und Ordon, 1996). Ein Ansatz, diesen Prozess zu beschleunigen und zu verkürzen, ist die Anwendung der Doppelhaploidentechnologie, mit deren Hilfe aus der ersten Generation, in der neue genetische Varianten durch Rekombinationen entstehen (in der Regel von der F1-Pflanze gebildete Keimzellen), direkt homozygote Individuen (bzw. zunächst diploide homozygote Zellen) erzeugt werden. Dafür gibt es verschiedene Verfahren. Ein für Mais bevorzugtes Verfahren nutzen eine an der Universität Hohenheim entwickelte Induktorlinie, die zur Bestäubung der Individuen mit neuen Erbgutkombinationen eingesetzt wird und Nachkommen hervorruft, die zunächst haploid sind und deren Erbgut dann aufgedoppelt wird, sodass vollständig homozygote rekombinante Individuen entstehen (Geiger, 2009). Damit werden bereits in einer Generation neue homozygote Individuen erzeugt, aus denen direkt homogene Linien vermehrt werden können. Diese können sodann über mehrere Jahre und an diversen Standorten geprüft werden. Bei diversen anderen Kulturpflanzenarten existieren noch keine solchen Induktoren, mit denen über Bestäubung Haploiden (und daraus dann Doppelhaploide) erzeugt werden können. Jedoch wird intensiv an der Entwicklung solcher Systeme gearbeitet (z. B. Sanei et al., 2011). Darüber hinaus sind in den vergangenen Jahren für viele Pflanzenarten Gewebekulturverfahren zur Regeneration aus haploiden Geweben entwickelt worden, die verbreitet in der praktischen Pflanzenzüchtung eingesetzt werden (z. B. Antonietta, 2011). Hier wird intensiv an der Verbesserung verschiedener Verfahren gearbeitet, um die Effizienz zu steigern und die Abhängigkeit von dem Genotyp zu reduzieren und um mit diesen neuen Verfahren die Einsatzmöglichkeiten zu verbreitern und zugänglicher zu machen. Mit Hilfe dieser Verfahren besteht die Möglichkeit, mehrere Generationen einzusparen und damit Zuchtprogramme erheblich zu beschleunigen. Bei mehrjährigen Pflanzen, besonders bei solchen, die erst nach mehreren Jahren reproduktiv werden, also zur Blüte kommen, eröffnet sich eine weitere Mög-

lichkeit der Beschleunigung von Zuchtprogrammen: Durch den Einsatz mittlerweile bekannter Regulatoren der Blütenbildung lässt sich die Entwicklungszeit bis zur Blüte ganz erheblich reduzieren. Bei Bäumen (u. a. auch bei Obstbäumen) dauert es acht bis zehn oder gar 12 Jahre, bis sie anfangen zu blühen. Hier können bekannte Regulatoren in ihrer Aktivität moduliert werden, entweder ausgeschaltet oder aktiviert werden, um die Pflanzen direkt schon im ersten Jahr zur Blüte zu bringen (s. Flachowsky et al., 2009). Auf diese Weise können Kreuzungsprogramme an solchen langlebigen Pflanzen deutlich beschleunigt werden und z. B. das Einkreuzen von vorteilhaften Genen, wie Resistenzgenen, sehr stark zu unterstützen. Auch wenn zwischenzeitlich mit transgenen Pflanzen gearbeitet wird bzw. gentechnische Verfahren eingesetzt werden, wird mit dieser Methodik schließlich eine neue Sorte erzeugt, die die gewünschte neue Eigenschaft (z. B. eine Krankheitsresistenz) besitzt, jedoch kein Transgen (mehr) beinhaltet und ein normales Blühverhalten zeigt. Während sie nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien keine gentechnische Veränderung trägt (kein Transgen besitzt), ist es nach aktueller Gesetzes- und Verordnungslage aber unklar, ob eine so erzeugte Pflanze als gentechnisch veränderter Organismus einzustufen ist oder nicht. Es ist also zu klären, ob die mit solchen Verfahren erzeugten Linien als gentechnisch veränderte Organismen zugelassen und entsprechend behandelt werden müssen, oder ob sie wie konventionell gezüchtete Sorten gehandhabt werden können.

### **Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität Einsatz molekularer Marker**

Ein weiterer großer Innovationsschritt, der allerdings nicht spezifisch für die Pflanzenzüchtung ist, speist sich aus der dramatischen Entwicklung, die sich auf der Ebene der genetischen Marker ergeben hat. In den letzten 10 Jahren etwa, ist es durch einen dramatischen Technologieschub, der auch sehr stark aus der Tierzucht, insbesondere der Rinderzucht gespeist worden ist, dazu gekommen, dass die Anzahl an Positionen im Genom, die abgefragt und genotypi-

siert werden können, dramatisch gestiegen ist und die Kosten für solche Analysen extrem gesunken sind. Es besteht prinzipiell also keine Begrenzung mehr an der Zahl und an der Verteilung von genetischen Markern, die im Genom von Kulturpflanzen typisiert werden können und damit ihr mütterlicher oder väterlicher Ursprung bestimmt werden kann. Das eröffnet neuartige Möglichkeiten, u. a. zur gezielten Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität, z. B. durch das Einführen vorteilhafter Gene oder Allele aus exotischem Material. Züchter setzen solches Material normalerweise nicht gerne in Zuchtprogrammen ein, weil Kreuzungsnachkommen in der Regel dramatisch reduzierte Leistungen zeigen, auch wenn sie die gewünschte vorteilhafte Eigenschaft vererbt bekommen haben. Es sind dann sehr viele Rückkreuzungen nötig, um den vorteilhaften Effekt von den (vielen) negativen Effekten zu trennen und letztere zu entfernen. Ein unter Einsatz molekularer Marker mögliches Verfahren erlaubt es den Genort des vorteilhaften Allels zu lokalisieren und in Rückkreuzungsprogrammen gezielt alle anderen Genombereiche des exotischen Elters zu entfernen. Ein Beispiel, das diesen Ansatz gut illustriert, stammt aus dem Energiemais-Zuchtprogramm der KWS Saat AG (T. Presterl, M. Ouzunova, pers. Mitt.): Hier werden aus exotischem Material einerseits Kühletoleranz vermittelnde Gene und andererseits Blühzeitpunktregulatoren die spätere Blüte auslösen, in Elitematerial überführt. Um, gerade für die Biogasproduktion, große Biomasse zu produzieren, ist es vorteilhaft, dem Mais eine möglichst lange Phase des vegetativen Wachstums zu ermöglichen. D. h. zu einem möglichst frühen Zeitpunkt (bei kühler Witterung) aussäen zu können und zu einem relativ späten Zeitpunkt in die Blühphase übergehen zu lassen. Da die Gesamtbiomasse beim vegetativen Wachstum stärker zunimmt, als während der Blütenbildung und dem Kolbenwachstum lässt sich damit die Biomasseproduktion pro Hektar erheblich steigern. In dem genannten Beispiel ist ein exotischer Genotyp gegen adaptiertes Material gekreuzt worden und es sind F<sub>2</sub>- und F<sub>3</sub>-Populationen erzeugt worden, in denen über Mar-

keranalysen und die Phänotypisierung bezüglich des Blühzeitpunktes der Genort erst grob und dann fein kartiert worden. Das den Blühzeitpunkt verspätende Gen ist damit in ein durch flankierende Marker definiertes Segment eingegrenzt worden und es wurde ein mit diesem Gen sehr eng gekoppelter Marker gefunden, der es nun erlaubt, diesen Genort gezielt in das Zuchtmaterial zu überführen. Dies kann nun auf genotypischer Ebene erfolgen und es ist nicht (mehr) erforderlich wiederholt sehr große Populationen phänotypisch zu screenen. Die durch die Übertragung des Blühzeitpunktsgens (bzw. seines exotischen Allels) erzielte Verspätung der Blüte um etwa 12 Tage hat einen erheblichen Effekt auf die Pflanzenhöhe (+ 23 cm) und damit auf die Biomasse der Pflanze. Damit ist ein Ziel dieses Einkreuzungsprogramms erreicht und ein erheblicher Zuwachs an Biomasse erzielt worden.

#### **Effiziente Erschließung und Nutzung von Genbankressourcen**

In unseren Genbanken, in denen alte Sorten, Landrassen und auch Wildformen (überwiegend in Form von Samen) verfügbar gehalten werden, weltweit insgesamt mehr als 7,5 Mio. Akzessionen (Börner et al., 2012), schlummern Ressourcen, die auf diesem Wege erschlossen werden können und müssen (McCouch, 2013). Allerdings ist die Diversität dort so groß, dass neue Verfahren entwickelt werden müssen, um die darin enthaltenen Gene (bzw. deren Allele) mit positiven Effekten auf gewünschte Eigenschaften vor dem Hintergrund der sehr großen Zahl an Faktoren (Genen/Allelen), die sich negativ auf wichtige Merkmale auswirken und die die positiven Effekte i. d. R. überdecken. Ein Ansatz dazu ist es wiederum, Population zu erzeugen, in denen je Linie (bzw. Pflanze) nur einzelne wenige Segmente ausgetauscht sind und wo dann direkt positive Effekte kartiert werden können.

#### **Gezielte wissensbasierte genetische Modifikation**

Ein weiterer Weg der Verbreitung der genetischen Diversität eröffnet sich über den Erkenntnisgewinn aus der molekulargenetischen, molekularbiologischen

und molekularphysiologischen Forschung bzw. aus systembiologischen und systemgenetischen Forschungsansätzen. Diese führen zur Aufklärung der genetischen Ursachen und der molekularen Mechanismen der Merkmalsausprägung und mit den erhaltenen Erkenntnissen können gezielte genetische Modifikation erzeugt werden. Einerseits kann dies über den seit 20 Jahren zur Verfügung stehenden Weg der gentechnischen Veränderung erfolgen, mit dessen Hilfe einerseits die Funktionen endogen vorhandener Gene moduliert werden können (gesteigert, gesenkt oder modifiziert), als auch neuartige Funktionen in die Pflanzen eingeführt werden können. In den letzten Jahren sind eine ganze Reihe von weiteren Methoden dazu gekommen, mit deren Hilfe gezielte Veränderungen im Erbgut hervorgerufen werden können und ein präziser Austausch oder Ersatz von Genen erreicht werden kann: An derselben Position, wo das ursprüngliche Gen sitzt, kann eine veränderte Form eingesetzt werden, es können durch mehrfache Einführung von Genen Stoffwechselwege oder Reaktionsketten, also ganze Prozesse verändert werden und es sind sogenannte künstliche Pflanzenchromosomen in der Entwicklung, in denen eine Vielzahl von Genen übertragen und eingefüllt werden können. Damit wird die bisherige Limitierung auf wenige oder einzelne Genveränderungen überwunden. Der Erfolg einer gentechnischen Veränderung an einer Nutzpflanze lässt sich an einem Beispiel aus dem Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben gut illustrieren: Hier wurden die Informationen genutzt, die über eine sehr detaillierten Untersuchung der Füllung des Weizenkorns und der damit verbundenen Speicherprozesse gewonnen wurden. Dabei wurde beobachtet, dass es zu Beginn der Speicherphase im Korn einen deutlichen Anstieg der aus den Blättern importierten, photosynthetisch gebildete Saccharose gibt und dann mit dem Start der Speicherung ein Abfall der Konzentration auftrat (Weschke und Weber, 2014). Daraus ergab sich die Hypothese, dass eine Verstärkung des Eintransportes von Saccharose die Speicherung und das Wachstum des Weizenkorns stimuliert wer-

den könnte und damit die Korngröße und die Menge an akkumulierten Speicherstoffen erhöht werden kann. Diese Hypothese ist mit Hilfe der Übertragung eines Saccharosetransportergens aus der Gerste in den Weizen überprüft worden (Salbach et al., 2014). Das in den Weizen überführte Gen stammt also aus einer sehr eng verwandten Art, es wird aber von dem Promotor („Genschalter“) eines Speicherproteins angetrieben, der während der Kornentwicklung sehr stark aktiv ist. Mit Hilfe dieses Konstruktes ist es den Kollegen am IPK gelungen, in den transgenen Winterweizensorten eine Ertragssteigerung um mehr als 20 % zu erreichen. Im Wesentlichen kommt das durch eine Steigerung des Korngewichtes (als 1000-Korn-Gewicht dargestellt) zustande. Durch die verstärkte Importaktivität für Saccharose werden also größere Körner gebildet. Leider konnten bisher nur sehr eingeschränkt getestet werden, ob sich diese äußerst spannenden Ergebnisse auch bei der Kultur der Pflanzen unter echten Feldbedingungen im Freiland zeigen, da die dazu durchgeführten Feldversuche durch Gentechnikgegner zerstört wurden.

Im Bereich der gezielten Modifikation von Genen und ihrer Funktion ist seit einigen Jahren eine Reihe neue Technologien in der Entwicklung, mit deren Hilfe auf nicht-gentechnische Weise Veränderungen im Erbgut hervorgerufen werden können und die jetzt in die Anwendung kommen (Lusser et al., 2012). Dazu zählt u.a. das stabil vererbte Abschalten von Genen, das sogenannte „Gene Silencing“, das durch RNA-vermittelte DNA-Methylierung verursacht wird (Matzke und Mosher, 2014). Ferner können Oligonukleotid-vermittelt an ganz bestimmten Positionen einzelner Gene im Erbgut Veränderungen (Mutationen) ausgelöst werden (z.B. Zhu et al., 2000). Ein besonders interessanter und sehr stark in der Entwicklung begriffener Technologiebereich beruht auf sequenzspezifischen Nukleasen (Podevin et al., 2013; Belhaj et al., 2013). Das sind DNA-spaltende Enzyme, die an gezielte Positionen im Genom herangeführt werden und nur dort die DNA schneiden. Es gibt verschiedene dieser Nukleasen, darunter sogenannte Zinkfinger-nukleasen, „Transcription Factor-Like

Effector“ Nukleasen („TALENs“) und auch RNA-geleitete Nukleasen, die sich genau an eine, durch ihre DNA-Sequenz bestimmte Position im Genom setzen und an dieser Stelle die DNA schneiden. Der so entstandene DNA-Doppelstrangbruch wird durch die zelleigenen DNA-Reparatursysteme repariert. Allerdings ist diese Reparatur fehlerbehaftet und es entstehen dabei an der Position der Schnittstelle Mutationen (jedoch nirgendwo anders im Genom). Die so ausgelösten Veränderungen betreffen nur einzelne oder sehr wenige Sequenzpositionen (an einer bestimmten Stelle im Genom) und sie sind damit nicht von Mutationen zu unterscheiden, die durch chemische oder physikalische Mutagen ausgelöst werden können, die seit Jahrzehnten im Einsatz sind. Letztere wirken sich jedoch rein zufällig auf Positionen im Genom aus und verändern diese ungerichtet und i. d. R. an multiplen Positionen. Bei Anwendung des neuartigen Verfahrens kommt zwar ein gentechnisch modifiziertes Enzym zum Einsatz, allerdings dieses (wie auch die rekombinante DNA von der es codiert wird) in der resultierenden Pflanze nicht mehr vorhanden. In der letztendlich erzeugten Pflanze ist nur die ausgelöste Mutation vorhanden und auch in Bezug auf diese Technologien ist es nach aktueller Gesetzes- und Verordnungslage unklar, ob diese als gentechnisch veränderter Organismus einzustufen ist oder nicht. Der durch eine sequenzspezifische Nuklease gesetzte DNA-Schnitt kann aber auch genutzt werden, um an dieser Position DNA-Sequenzen auszutauschen indem ein DNA-Molekül mit veränderter Sequenz angeboten wird. Ferner kann diese Methode dafür genutzt werden genau an dieser Stelle neue Sequenzen in das Erbgut einzufügen. Im Gegensatz zu anderen Verfahren erfolgt die Einfügung also nicht zufällig im Genom, sondern an einer genau vorbestimmten Position.

### **Vermehrte Nutzung der Heterosis durch Innovationen in der Hybridzüchtung**

Ein großer Bereich, in dem weitere wichtige Innovationen zu erwarten sind, liegt in der vermehrten Nutzung der Heterosis durch verbesserte Verfahrens-

weisen in der Hybridzüchtung. Der enorme Erfolg der Hybridzüchtung lässt sich eindrucksvoll durch einen Vergleich der Ertragszuwächse von Mais und Weizen auf z eigen (USDA-NASS 2005): Bei Mais mit seiner effizienten Hybridzüchtung sind ungleich schnellere und höhere Steigerungen erzielt worden, als beim Weizen (Linienzüchtung). Hier zeigt sich auch die schon erwähnte Tendenz zur Abflachung der Ertragszuwächse in den 1990er und 2000er Jahren. Es verbinden sich daher große Hoffnungen damit, die Heterosis (die gesteigerte Leistung von Hybriden gegenüber ihren Eltern) auch anderen Kulturen als Mais, Roggen, Reis oder Raps, insbesondere in so einer wichtigen Kultur wie dem Weizen, etablieren und nutzen zu können. Beim Weizen ist die Ertragssteigerung von Hybriden gegenüber ihren Elternlinien allerdings (bisher) wesentlich schwächer als beispielsweise bei Mais oder Roggen. Um für diese Kulturart eine effiziente Hybridzüchtung aufbauen zu können, ist es wichtig für diesen Selbstbefruchter Systeme zur leichten Erzeugung von Hybridsaatgut aus vielfältigen Kreuzungen zu etablieren. Beim Mais ist das sehr einfach, weil er ja getrenntgeschlechtliche Blüten in separaten Blütenständen ausbildet (Kolben und Fahne) und die männlichen Blüten sehr leicht entfernt werden können. Beim Weizen sind die Blüten zwittrig, d.h. es liegen in derselben Blüte die weiblichen und männlichen Organe vor und es erfolgt i. d. R. Selbstbestäubung noch bevor Fremdpollen auf die Narbe gelangen. Das ist beim Roggen (als Fremdbefruchter) ganz anders. Für den Weizen werden daher diverse Verfahren angewandt oder entwickelt, um Kreuzungssaatgut (Hybridsaatgut) zu erzeugen (Whitford et al., 2013): Darunter ist ein chemisches Verfahren, bei dem ein Wirkstoff (Gametozid) appliziert wird, um den Pollen während seiner Entwicklung abzutöten und somit männlich sterile Pflanzen (Mutterpflanzen) zur Verfügung zu haben. Weiterhin wird der Einsatz männlicher Sterilitätsfaktoren zytoplasmatischer Art oder nukleärer Art diskutiert. Ein weiterer, sehr erfolgversprechender Weg nutzt einen transgenen Ansatz, bei dem ein Enzym (eine RNase) in einem bestimmten Gewebe (Tapetum) der Staubblätter (An-

theren) produziert wird, das zum Absterben dieses für die Pollenbildung notwendige Gewebe führt (Kemp et al. 2014). Das eingeführte Gen besteht allerdings aus zwei Teilen, die an allelischer Position (*in trans/Repulsion*) der homologen Chromosomen lokalisiert sind. Wenn beide Teile in einer Pflanze vorliegen, ist diese männlich steril und kann als Mutterpflanze mit Pollen einer anderen Pflanze befruchtet werden. An die so entstehenden Nachkommen wird jeweils nur eines der beiden Teilgene vererbt, die jeweils für sich inaktiv sind. Somit sind die Kreuzungsnachkommen (Hybriden) vollständig fertil. Sie bilden uneingeschränkt Samen aus und können Heterosis ausprägen.

### **Steigerung der Selektionseffizienz und der Selektionskapazität**

Die bereits oben (unter dem Thema *Verbreiterung der genutzten genetischen Diversität*) erwähnte rasante und weiter anhaltende Entwicklung in der DNA-Markertechnologie und den damit verbundenen dramatisch gesunkenen Kosten pro erhobenen Datenpunkt, hat zu einer massiven Ausweitung der Nutzung dieser Technologie zur Steigerung der Effizienz geführt, mit der gesuchte neue genetische Varianten (Genotypen mit vorteilhaften neuen Gen-/Allel-Kombinationen) identifiziert werden können. Die Kosten für eine tiefe Genotypisierung einer Linie liegen bereits jetzt deutlich unter denen einer Evaluierung mittels Feldversuchen. Die massive Entwicklung in diesem Bereich kann beispielhaft an Hand der Anzahl Markerdaten aufgezeigt werden, die pro Jahr bei der KWS Saat AG, Einbeck, erhoben werden: Im Zeitraum von 2001 bis 2012 nahm diese um den Faktor 3.500 zu! Die Verfügbarkeit von Verfahren, mit denen zehntausende von DNA-Markern simultan und kostengünstig typisiert werden können ermöglicht die Nutzung neuer Selektions-Ansätze: Die Verfahrensweise der genomischen Selektion (Jonas und de Koning, 2013) ist sehr stark durch die Entwicklung in der Tierzucht, insbesondere der Rinderzucht, vorangetrieben worden. Hier geht es darum, mit Hilfe von Markerdaten, die in sehr tiefer Dichte über das Genom erhoben werden, eine Vorhersage

des genotypischen Wertes zu machen, also der Leistung einer Linie bzw. der Nachkommen dieser Linie. Mit Hilfe einer Trainingspopulation, die sowohl genotypisiert als auch phänotypisiert wird (in entsprechenden Feldversuchen) ist dazu ein Vorhersagemodell zu trainieren, das dann auf die Individuen bzw. Linien der wesentlich größeren Selektionspopulationen angewendet wird. Mit diesem Verfahren kann die Genauigkeit der Vorhersage des Zuchtwertes einer Linie deutlich gegenüber der mittels Assoziationskartierung gewonnenen Information gesteigert werden (z.B. Zhao et al. 2013). Diese Verfahren werden nun, ähnlich wie es in der Rinderzucht bereits gängige Praxis ist, mehr und mehr in der Pflanzenzüchtung eingesetzt, indem iterativ Trainings- und Selektionszyklen durchlaufen werden, in denen jeweils neue bzw. erweiterte Zuchtpopulationen evaluiert werden. Eine besondere Herausforderung stellt sich in der Hybridzüchtung, bei der nicht die Leistung der (Eltern-) Linien selbst, sondern die der aus Kreuzungen hervorgegangen Hybriden vorhergesagt werden muss. Eine solche Vorhersagemöglichkeit ist besonders nützlich, da sich aus den vielen Kombinationsmöglichkeiten der Eltern eine enorm große Zahl potenzieller (zu testender) Hybriden ergibt: So können durch die Verfügbarkeit der Doppelhaploidentechnologie bei Mais für die beiden heterotischen Gruppen (zwischen denen die Kreuzungen für die Hochleistungshybriden erfolgen) im Prinzip jeweils mehrere tausend neue Linien pro Jahr neu erzeugt werden. Für einen Züchter bedeutet das potenziell mehrere Millionen möglicher Hybriden erzeugen und testen zu müssen bzw. zu können, um die leistungsfähigste Hybride zu identifizieren. Selbst nach einer üblichen Vorauswahl auf Grund der Eigenleistung und der allgemeinen Kombinationseignung von nur 50 Linien in beiden heterotischen Gruppen wären noch immer  $50 \times 50 = 2.500$  potentielle Hybriden zeit- und kostenaufwendig zu testen. Es besteht daher ein großer Bedarf, die Leistung von potenziellen Hybriden auf der Basis von Daten der möglichen Elternlinien vorherzusagen zu können. In vorhergehenden Arbeiten an *Arabidopsis thaliana* haben wir gezeigt, dass solche Vorhersagen der Leistung von Hybriden

nicht nur auf Basis von Genotypdaten getroffen werden können, sondern dass dies auch auf Basis von Metabolitprofilen möglich ist (Meyer et al., 2007; Gärtner et al., 2009; Steinfath et al. 2010). Hier wurde grundsätzlich gezeigt, dass eine Vorhersage der Biomasse von Pflanzen einem gewissen Grad rein auf der Basis ihrer Metabolitzusammensetzung (Komposition bzgl. Stoffwechselintermediaten) möglich ist. In Zusammenarbeit mit Kollegen an Universität Hohenheim dem Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie (Potsdam-Golm) und der KWS Saat AG konnten wir in einer ersten Studie an einer großen Population von Mais-Inzuchtlinien und daraus abgeleiteter Hybriden gezeigt, dass dies auch bei dieser Kulturpflanze möglich ist. Für die Pflanzen der Inzuchtlinien wurden tiefe Genotypdaten (ca. 50.000 SNPs) erhoben und mittels GC/MS Metabolitprofilanalysen (etwa 120 Substanzen) für Proben durchgeführt, die im frühen Wachstumsstadium im Feld geerntet worden waren (Riedelsheimer et al., 2012). Die Untersuchung dieser Daten hat gezeigt, dass die SNP-Daten eine erstaunlich hohe Vorhersagekraft für die allgemeine Kombinationseignung der Linien besitzen und dass eine nahezu ähnlich genaue Vorhersagen auch mit Hilfe der Metabolit-Daten möglich ist. Mit den aus der ggf. schnelleren und kostengünstigeren GC/MS-Analytik gewonnenen Daten sind also ähnlich gute Leistungsvorhersagen möglich, wie mit den sehr tiefen Genotypinformationen.

Ein sich in den letzten Jahren öffnendes neues Innovationsfeld betrifft die Steigerung der Selektionskapazität der Pflanzenzüchter durch den Einsatz von Verfahren der automatisierten Pflanzenphänotypisierung. Hier werden im Wesentlichen optischen Sensoren bzw. Kamerasysteme (digitale Farbkameras, Nahinfrarot-, Wärmebild-, sowie Multispektral- oder Hyperspektralkameras) und angeschlossene Bildanalyseverfahren verwendet, um automatisiert die Eigenschaften von Pflanzen in gut versorgter Situation wie auch unter ungünstigen Umweltbedingungen (Wasserstress, Trockenstress, Krankheitsstress, Nährstoffmangel) aus unterschiedlichen Entfernungen zu er-

fassen. In diesem Bereich arbeiten wir im Deutschen Pflanzenphänotypisierungsnetzwerk (DPPN; s. [http://www.dppn.de/dppn/DE/Home/home\\_node.html](http://www.dppn.de/dppn/DE/Home/home_node.html)) mit Kollegen am Forschungszentrum Jülich und am Helmholtz-Zentrum München zusammen. Die Arbeiten dieses BMBF-finanzierten Verbundprojektes beziehen sich u.a. auf Entwicklungen für die Evaluierung der Eigenschaften von Pflanzen im Feldanbau, die für Züchter relevant sind. Am IPK Gatersleben arbeiten wir sehr stark auch unter kontrollierten Anzuchtbedingungen in klimatisierten Gewächshäusern bzw. in Klimakammern.

### Fazit

Es ist offensichtlich, dass in den kommenden Jahrzehnten auf Grund globaler Veränderungen enorme Herausforderungen auf die Pflanzenzüchtung zukommen. Dem stehen eine ganze Reihe rasanter technologischer Entwicklungen gegenüber, die aus der Genomforschung, der molekular- und systembiologischen Pflanzenforschung, der Pflanzenphänotypisierung und der Bioinformatik erwachsen, und die zu einer massiven Verbreiterung der Methoden und Verfahren führen, die der Pflanzenzüchtung zur Verfügung stehen. Aufgrund der hohen Anforderungen, die an die Pflanzenzüchtung aktuell und zukünftig gestellt werden, ist es nötig, dass all diese Verfahren weiterentwickelt und intensiv genutzt werden. Entscheidend ist neben der Entwicklung technischer Verfahren und der Nutzung der vielfältigen verfügbaren pflanzengenetischen Ressourcen auch die Ausbildung entsprechend geschulten Personals.

## Literaturverzeichnis

- Antonietta, G. M. (2011) Gametic embryogenesis and haploid technology as valuable support to plant breeding. *Plant Cell Rep.* 30 (SI), 839-857.
- Belhaj, K., Chaparro-Garcia, A., Kmoun, S., and Nekrasov, V. (2013) Plant genome editing made easy: targeted mutagenesis in model and crop plants using the CRISPR/Cas system. *Plant Methods* 9:39.
- Börner, A., Khlestkina, E.K., Chebotar, S., Nagel, M., Rehman Arif, M.A., Neumann, K., Kobiljski, B., Lohwasser, U. und Röder M.S. (2012) Molecular markers in management of ex situ PGR – A case study. *J. Biosci.* 37, 871-877.
- Brown, L.R. (2012) Full Planet, Empty Plates: The New Geopolitics of Food Scarcity. Earth Policy Institute, W. W. Norton & Company, New York, London
- Bruinsma, J. (2009) The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? FAO Expert Meeting, 24-26 June 2009, Rome on “How to Feed the World in 2050” <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/ResourceOutlookto2050.pdf>
- Flachowsky, H., Hanke, M.-V., Peil, A., Strauss, S. H. und Fladung, M. (2009) A review on transgenic approaches to accelerate breeding of woody plants. *Plant Breeding* 128, 217–226.
- Friedt, W. und Ordon, F. (1996) Modern versus classical plant breeding methods - efficient synergism or competitive antagonism? In: *Transgenic organisms : biological and social implications.* Tomiuk, J., Wöhrmann, K., Sentker, A. (Hrsg.). Birkhäuser. Basel, Berlin S. 163-179
- Gärtner, T., Steinfath, M., Andorf, S., Lisec, J., Meyer, R.C., Altmann, T., Willmitzer, L., and Selbig, J. (2009) Improved heterosis prediction by combining information on DNA- and metabolic markers. *PLoS ONE* 4, e5220. doi 10.1371/journal.pone.0005220.
- Geiger, H.H. (2009) Doubled Haploids. In: Bennetzen JL, Hake S (eds.) *Maize Handbook - Volume II: Genetics and Genomics*, Springer Science and Business Media, New York. S. 641–657.
- Jonas, E. und de Koning, D.-J. (2013) Does genomic selection have a future in plant breeding? *Trends Biotechnol.* 31, 497-504.
- Kempe, K., Rubtsova, M. und Gils, M. (2014) Split-gene system for hybrid wheat seed production. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 111, 9097-9102.
- Lin, M. und Huybers, P. (2012) Reckoning wheat yield trends. *Environ. Res. Lett.* 7 024016, doi:10.1088/1748-9326/7/2/024016
- Lusser, M., Parisi, C., Plan, D. und Rodríguez-Cerezo, E. (2012) Deployment of new biotechnologies in plant breeding. *Nat. Biotechnol.* 30, 231–239.
- Matzke, M. A. und Mosher, R. A. (2014) RNA-directed DNA methylation: an epigenetic pathway of increasing complexity. *Nat. Rev. Genet.* 15, 394-408.
- McCouch, S., (2013) Feeding the future. *Nature* 499, 23-24.
- Meyer, R.C., Steinfath, M., Lisec, J., Becher, M., Witucka-Wall, H., Törjék, O., Fiehn, O., Eckhardt, Ä, Willmitzer, L., Selbig, J. und Altmann, T. (2007) The metabolic signature related to high plant growth rate revealed by canonical correlation analysis in *Arabidopsis thaliana*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104, 4759-4764.
- Podevin, N., Davies, H.V., Hartung, F., Nogué, F., and Casacuberta, J.M. (2013) Site-directed nucleases: a paradigm shift in predictable, knowledge-based plant breeding. *Trends Biotechnol.* 31, 375-383.
- Qaim, M. und Klümper, W. (2013) Welternährung bis 2050, Landwirtschaft für die Hungerbekämpfung. *Chem. UNSERER ZEIT* 47, 318-326.
- Riedelsheimer, C., Czedik-Eysenberg, A., Grieder, C., Lisec, J., Technow, F., Sulpice, R., Altmann, T., Stitt, M., Willmitzer, L. und Melchinger, A.E. (2012) Genomic and metabolic prediction of complex heterotic traits in hybrid maize. *Nat. Genet.* 44, 217-220.
- Saalbach, I., Mora-Ramírez, I., Weichert, N., Andersch, F., Guild, G., Wieser, H., Köhler, P., Stangoulis, J., Kumlehn, J., Weschke, W. und Weber, H. (2014) Increased grain yield and micronutrient concentration in transgenic winter wheat by ectopic expression of a barley sucrose transporter. *J. Cereal Sci.* 60 75-81. dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2014.01.017
- Sanei, M., Pickering, R., Kumke, K., Nasuda, S. und Houben, A. (2011) Loss of centromeric histone H3 (CENH3) from centromeres precedes uniparental chromosome elimination in interspecific barley hybrids. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 108, E498-E505.
- Steinfath, M., Gärtner, T., Lisec, J., Meyer, R.C., Altmann, T., Willmitzer, L., and Selbig, J. (2010) Prediction of hybrid biomass in *Arabidopsis thaliana* by selected parental SNP and metabolic markers. *Theor. Appl. Genet.* 120, 239-247.
- Tester, M. und Langridge, P. (2010) Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science* 327, 818-822.
- Weschke, W. und Weber, H. (2014) Grain development. In: Kumlehn J, Stein N (Eds.): *Biotechnology in agriculture and forestry*, Vol. 69: *Biotechnological approaches to barley improvement*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. In Druck.
- Whitford, R., Fleury, D., Reif, J.C., Garcia, M., Okada, T., Korzu, V. und Langridge, P. (2013) Hybrid breeding in wheat: technologies to improve hybrid wheat seed production. *J. Exp. Bot.* 64, 5411-5428.
- Zhao, Y., Gowda, M., Liu, W., Würschum, T., Maurer, H.P., Longin, F.H., Ranc, N., Piepho, H.P. und Reif, J.C. (2013) Choice of shrinkage parameter and prediction of genomic breeding values in elite maize breeding populations. *Plant Breeding* 132, 99–106.
- Zhu, T., Mettenberg, K., Peterson, D.J., Tagliani, L. und Baszczynski, C.L. (2000) Engineering herbicide-resistant maize using chimeric RNA/DNA oligonucleotides. *Nat. Biotechnol.* 18, 555–558.

## Diskussion



RODEHUTSCORD, HOHENHEIM

Sie hatten ja begonnen mit der Darstellung, dass sich da ein Plateau andeutet beim Ertrag, beim Masseeertrag und meine erste Frage ist: Könnte das vielleicht damit zusammenhängen, dass man alternative Selektionskriterien stärker in Betracht gezogen hat, Krankheitsresistenz, Trockenheitsresistenz oder ähnliches? Wenn es jetzt diese Fülle von Methoden gibt, die so ein Potential ermöglichen, in welche Richtung vermuten sie denn wird es Gegenmittel zu künftigen Selektionskriterien geben? Bleibt es beim Ertrag hauptsächlich oder wird es auch darum gehen, dass Qualitätskriterien – und das interessiert uns natürlich, den auch in der Ernährung, denn sehr stark Qualitätskriterien eventuell dann eine stärkere Rolle spielen? Beim Mais tun sie das ja jetzt teilweise schon, aber bei den anderen Getreiden ist es ja doch eher so, dass es eigentlich nur um den Ertrag geht, wenn man mal von Backeigenschaften absieht.

ANTWORT

Soweit ich es verstehe, die wichtigsten drei Kriterien sind Ertrag, Ertrag und Ertrag, um es ganz platt zu sagen. Der Ertrag steht an allererster Stelle, wenn evaluiert wird. Gleichzeitig muss eine gewisse Qualität natürlich erreicht werden. Sie haben es angesprochen, beim Weizen mit Backqualität bzw. Futterlinien, die angebaut werden, die niedrigere Proteinqualitäten haben. Aber das ist ein zunehmender Trend, soweit ich es verstehe. Wichtig werden zudem Ertragsstabilität, d.h. eine höhere Toleranz gegenüber schwanken-

den oder ungünstigen Umweltbedingungen. Das ist übrigens auch eine ganz große Hoffnung, die sich mit der Erzeugung von Hybriden beim Weizen verbindet. Der ist bei guten Bedingungen gar nicht mal so besonders in der Leistung besser, aber beim Weizen ist es so, durch verbessertes oder stärkeres Wurzelsystem ist es offensichtlich an mageren Standorten, bei Trockenstandorten, vorteilhaft, die Hybriden einzusetzen. Das ist ein weiterer Bereich, der betrachtet wird und nebenbei sozusagen, wenn ich das richtig verstehe werden auch Resistenzen mit getestet, mit evaluiert. Eine Sorte wird nicht primär aufgrund von Krankheitsresistenzen zur Sortenprüfung angemeldet, sie müssen Ertragsfortschritte haben und gleichzeitig als Beiwerk auch die entsprechenden Resistenzen mit aufweisen. Herr Frauen kann das viel besser als ich kommentieren, weil er direkt in einem Züchtungsunternehmen tätig ist.

FRAUEN, HOHELIETH

Manchmal ist auch Qualität wichtiger als der Ertrag, bei Raps zum Beispiel. Da müssen wir die guten Qualitäten haben. Innerhalb dieser Qualität gilt dann Ertrag, Ertrag, Ertrag. So ist das dann. Bei Winterkulturen ist auch die Winterfestigkeit wichtig. Die muss man auch als Mindestlevel haben. Ich meine schon, eine runde Sorte muss mehr haben als nur Ertrag. Das ist in der praktischen Züchtung so. Der Zuchtfortschritt ist natürlich auch begrenzt durch das, was wir reinvestieren können. Wir wissen alle, dass wir bei Getreide etwa nur 50 % Saatgutwechsel ha-

ben und auch nur etwa 50 % Lizeinnahmen bei Selbstbefruchtergetreidearten haben. Roggen ist ja auch besser, macht Hybrid und es ist eine höhere Rendite in der Züchtung von Hybriden. Das muss man fairerweise immer sagen. Die Selbstbefruchtergetreide können einfach nicht so viel reinvestieren. Natürlich hoffen sie auf Hybridmechanismen und das, was am IPK entwickelt wurde, das neue Zuchtverfahren ist natürlich eine tolle Sache. Man kann nur hoffen, dass sich das weltweit durchsetzt. Wir hatten heute Morgen schon die Diskussion. Die Umsetzung wird dann wahrscheinlich nicht in Europa, nicht in Deutschland sein, aber man kann nur hoffen, dass das, was in Gatersleben so phänomenal entwickelt wurde, dann in den USA oder Kanada, Australien zumindest im ersten Schritt umgesetzt wird. Das dazu.

Die Markertechnik wird uns natürlich revolutionieren. Da sind wir überzeugt, zumindest bei den großen Kulturen, wie wir es finanzieren können und wo die Chips vorliegen, da braucht man noch ein paar Jahre für die Kalibration. Das wird so kommen. Im Gegensatz zur Tierzüchtung haben wir natürlich ein offenes System. Wir haben ständig völlig neue genetische Varianz. Bei den Rinderprogrammen haben wir doch weltweit gesehen ein weitgehend geschlossenes System und es kommen keine Exoten in die Zuchtprogramme rein. Wir können ja richtige Exoten reinholen und müssen kalibrieren.

ANTWORT

Es kommt dazu, da die Pflanzen auf dem Feld noch viel stärkeren Umweltbedingungen ausgesetzt sind. Es müssen die Genotyp Umweltinteraktionen beachtet werden.

PATERMANN, BONN

Vielen Dank für den sehr guten Überblick, aber ich muss ganz viel Wasser in ihren Wein gießen. Unter Kommissar Dumas gab es eine Arbeitsgruppe, die nannte sich Novotechnology, die alle, aber auch alle haben diese Technologie, die sie da besprochen haben, über zweieinhalb Jahre untersucht hat. Dann kam eine neue Kommission, der Pototschnik wurde

Kommissar, Dumas ging, und die Zuständigkeiten in der Frage der GMOs wurden auf die Tischisanko übertragen. Damit war der Bericht erst einmal fertig. Der wurde dann der EFSA gegeben. Ich weiß nicht, was rausgekommen ist, aber ich kann ihnen nur eins sagen, dass jedwede weitere Entwicklung von der Kommission sofort gekatscht wird und dann genau geprüft wird, ob das innerhalb der Direktiven, die existieren, zu einer Änderung der Annexe führen muss oder nicht, so dass ich ihnen nur empfehlen kann, so intensiv wie möglich begleitend die nationalen Stellen hier in Deutschland davon zu unterrichten, denn die Beschickung dieser Arbeitsgruppe und nachher die Entscheidung, ob das unter die GMO-Direktive fällt oder nicht oder einen Annex etc., die wird hochpolitisch von den Vertretern, insbesondere Landwirtschaft und so weiter und sofort, zum Teil mit Beteiligung der Landesministerien, gefällt. Das heißt, wenn hier nicht von vorn herein eine sehr enge Aufklärung ist über „das ist kein GMO“, das ist auf keinen Fall GMO. Wenn das nicht der Fall ist, müssen sie davon ausgehen, dass eine sehr sehr, ich will nicht sagen willkürliche, aber sehr politisierte Zusammensetzung dieser Arbeitsgruppen ist. Dass das dann zu Ergebnissen kommt, die nicht unbedingt der scientific evidence entsprechen.

ANTWORT

Aber die EFSA hat einen Report dazu gegeben bzw. mit den Akademien. In Deutschland hat die ZKBS auch eine Stellungnahme dazu abgegeben und hat gesagt, all diese Veränderungen, die weniger als 20 Nukleotide sind, sind nicht als Transgen einzustufen. Aber wie das politisch bewertet wird, muss sehr offen und sehr klar diskutiert werden. Aber wir müssen es vergleichen mit der Situation, wenn wir mit chemischen Mutagenen darauf gehen, die offensichtlich kein Problem sind, mit Bestrahlung darauf gehen und Veränderungen sonst wo im Genom Größenordnungen auslösen, die völlig jenseits dessen sind, was wir hier machen. Das muss schon wirklich diskutiert werden.

PATERMANN, BONN

Was sie sagten, zeigt ja sehr deutlich die Parallelität zwischen Pflanze und Tier. Es gibt ja ein Projekt, dass in Synbreed, in dem eben die Tier- und Pflanzen-Genome integriert werden. Ich finde, dass sie sehr sehr deutlich gemacht haben, obwohl sie sich auf die Genetik konzentriert haben, dass die Phänotypisierung eigentlich neben dem Netzwerk für Pflanzen auch ein Netzwerk für Tiere geben sollte und die dann auch zusammenarbeiten müssten. Gibt es denn da irgendwelche Bestrebungen, so etwas bei den Ressourcen anzumelden?

ANTWORT

Zunächst zur Phänotypisierung. Das gibt es für Modellsysteme. Die Mausklínik in München bzw. an mehreren Standorten macht quasi Phänotypisierung an Tieren. Aber die Phänotypisierung der Tiere hat natürlich ganz andere Fragestellungen, und es müssen ganz andere Eigenschaften und damit auch, dass andere Sensoren und Techniken hier einzusetzen sind. Aber beispielsweise mit der Metabolitenanalytik ist sowohl für Tier als auch für Pflanzen relevant, um metabolische Syndrome oder Veränderungen auf metabolischer Ebene zu erfassen. Also die Blutproben, die in der Mausklínik gewonnen werden, werden mit ähnlichen Verfahren natürlich auch untersucht. Da gibt es tatsächlich Parallelen und es macht sicherlich Sinn, darüber nachzudenken, wie die Verarbeitung, wie die Analyse der Daten entwickelt und weiterentwickelt werden kann. Das ist ja auch in der Parallelität Tier- und Pflanzenzüchtung, genomische Selektion bei Rindern im Vergleich zum Mais ähnlich, dass eher auf der Datenanalyseseite die Synergien zu sehen sind und wo es offensichtlich nicht nur der Weg vom Rind zum Mais war oder Rind ganz klar vorausgelaufen ist, sondern dass es mittlerweile auch umgekehrt Befruchtung in die andere Richtung gibt. Wo wir beim Mais die Frage nach der Kombination der beiden Genome haben und wenn ich es richtig verstanden habe, auch in der Rinderzüchtung, mehr jetzt auch die Seite der Kuh betrachten wird und nicht nur der Genotyp des Bullen in Betracht gezogen wird.

WINDISCH, FREISING

Da droht uns ja offenbar ein Brain Drain, wenn man nicht aufpasst. Ein Brain Drain in einem Ausmaß, das wir bisher noch nicht gekannt haben. Wenn sie diese Möglichkeiten sehen, die jetzt dastehen, wie die sich jetzt hier öffnen.

GRUBER, ÖSTERREICH

Ich habe es auch sehr faszinierend gefunden, ihnen zuzuhören. Ich möchte noch einmal auf die Frage Quantität, Qualität zurückkommen. Wie wir auch beim Rind sehen, achten wir nicht nur auf den Ertrag, sondern durchaus auch auf Inhaltsstoffe und dergleichen. Sie haben davon gesprochen, dass man parallel zu den Snips auch die Metaboliten verwenden kann, um die Parameter zu erkennen. Meine Frage ist, ob es nicht auch denkbar wäre, Inhaltsstoffe von Silomais und dessen Verdaulichkeit hier zu erkennen und in der Zucht zu nutzen.

ANTWORT

Ja, in der Tat. Das ist eine Fragestellung, die in dem Projekt gemeinsam mit Herrn Melchinger und Kollegen an der Uni Hohenheim bearbeitet wurde und bearbeitet wird. Dort sind mit dem gleichen Material, also von den Hybriden, was vom Feld geerntet worden ist, Mikrovergasungsexperimente gemacht worden. Es wurde geschaut, wie stark ist die genetische Varianz bezüglich der Biogasmenge pro kg Material, und können wir – basierend darauf – dann Bezüge zur Inhaltsstoffzusammensetzung ziehen. Da hat es sich allerdings gezeigt, dass es weniger in der Gesamtgasmenge pro kg oder Einheit Biomasse war, wo Variation zu finden war, d. h., am Ende wird im Prinzip alles in Gas umgewandelt, aber der Zeitraum, über den das stattfindet, der war unterschiedlich. Da gab es ganz klare Unterschiede, die sich aber wiederum im Wesentlichen, wenn ich es richtig verstanden habe, auf den Reifegrad bezogen haben und damit auf den Anteil Stärke. Je höher der Stärkeanteil war, umso schneller vergärt das Material, ist leichter zugänglich als nur mit Zellulose, die langsamer umgesetzt wird. Das war offensichtlich der wesentliche Zusammen-

hang. Die Hoffnung, dass wir da stärkere Variationen haben und dass wir über die Metabolitendaten dahingehend Vorhersagen machen können, die haben wir so leider nicht erfüllt.

WINDISCH, FREISING

Es ist ja auch nur ein mögliches Testsystem, auch nur ein sehr summarisches Testsystem, das auch nur für eine ganz bestimmte Sorte von Wiederkäuern geeignet ist. Es gibt da noch viel, viel mehr, das man auch in-vitro machen könnte.

SCHWERIN, DUMMERSTORF

Zwei Fragen. Die erste Frage zur Heterosis. Heterosis ist ja ein Phänomen, das mit Sicherheit auch für die Tierzucht eine Bedeutung hat. Können sie da etwas mehr sagen? Welche Erfahrungen haben sie zur Heterosis-Eignung und wie schnell lassen sich diese Verfahren, die sie anschaulich vorgestellt haben, dafür nutzen? Und die zweite Frage. Welche Bedeutung spielen jetzt die Techniken, die ja doch einen erheblichen Zuchtfortschritt bringen im Zusammenhang mit der Pflanzenzucht, und zwar der Zucht von Futterpflanzen? Wir haben ja heute Morgen von mehreren ressourcen- oder sektorenübergreifenden Forschungsansätze gehört, und dort ist natürlich eine erhöhte Verdaulichkeit von pflanzlichen Proteinen und eine tiergerechte Fütterung eine mögliche, innovative Herangehensweise, um die Ressourceneffizienz hier zu verbessern.

ANTWORT

Zu Ihrer ersten Frage. In dieser Untersuchung, die ich ihnen gezeigt habe, haben wir im Wesentlichen eine Testkreuzungspopulation angeschaut für Heterosis. Das heißt, wir haben große Diversität im Dentpool gehabt und wir hatten nur einen bzw. zwei eng verwandte Tester. In einem zweiten Projekt, was aktuell noch läuft, haben wir den nächsten Schritt gemacht mit den Kollegen von Hohenheim mit Herrn Melchinger, wo sowohl Variation auf der Dent- als auf der Fintseite war, also ein echtes Faktoriell. Abgesehen von der Dent mit 400 Hybriden, und die Daten

sind gerade in der Analyse, wo wir mehrere Fragen stellen wollen. A) Ist das Vorhermodell, was wir an der ersten Population trainiert haben, valide für jetzt diese erweiterte Population? Können wir auch spezifische Interaktionen erkennen und vorhersagen, über die generelle und allgemeine Kombinationseignung hinaus und in Bezug auf die Metabolite, wie variabel sind sie, A) zwischen Jahren, gibt es eine Wiederholbarkeit hoch genug, dass, wenn wir es einmal trainiert haben in einem Jahr, zumindest in einem bestimmten Genpool, dann anwendbar auf ein nächstes Jahr sein wird. Da zeigen die ersten Hinweise, dass zumindest ein Anteil der Metabolite erstaunlich ähnlich im Niveau ist. Ich hätte viel mehr Unterschiede erwartet, aber die Untersuchungen sind im Gange. Und schließlich erweitern wir das Ganze von Snipdaten auch auf strukturelle Variationen, Kopiezahlvariationen und An- und Abwesenheitsvariationen. Es ist dramatisch im Mais, es ist Faktor 100 höher als man bei Tieren und bei Pflanzen hat. Die Anzahl der Sequenzen, die anwesend in einer und abwesend in der anderen Variante sind und umgekehrt. Das könnte eine starke Ursache für die Heterosis sein, denn wenn ich eine Sequenz hier habe, die dort fehlt und umgekehrt eine da, dann habe ich in der Hybride alles kombiniert und bin viel diverser. Endgültig kann ich ihre Frage noch nicht beantworten, wie stark sich das umsetzen lässt und auch nicht, was am Ende besser ist, ob wir dann doch die Snips nehmen, die ja konstant sind, die nicht umweltbeeinflusst sind oder ob es für einen Züchter doppelt interessant ist, Metaboliteanalysen zu machen. Wahrscheinlich eher nicht mit Material, was vom Feld geerntet wird, sondern auch das versuchen wir, zu gucken, wenn wir junge Maiskeimlinge nehmen und da die Metabolite messen, die standardisiert und sehr schnell auch automatisiert angezogen und gleich beprobt werden könnten. Steckt da Information drin und müssen wir sie überhaupt ins Feld stellen und von da proben. Also ganz viele Fragen, die noch zu klären sind, bevor man das beantworten kann. Die zweite Frage bezüglich Futterpflanzen. Ja selbstverständlich. Wir arbeiten mit Kollegen noch zusammen an einer Außenstelle vom IPK, mit Weidelgras zum

Beispiel und schauen dort, ob unsere Phänotypisierungssysteme helfen können, Eigenschaften zu erfassen, insbesondere Wachstumseigenschaften, aber parallel natürlich über Metabolitanalytik könnte man auch schauen, ob Inhaltsstoffe vorteilhaft oder negativ sein könnten.

WINDISCH, FREISING

Das wird eine große Herausforderung für die nächsten 20–30 Jahre werden, dass wir hier die nichtessbare Biomasse, wahrscheinlich 80, 90 % der gesamten Biomasse, die man agrarisch in die Hand nimmt, dass man die irgendwie über Nutztiere verewigen können. Da kommt man zwangsläufig zu solchen Pflanzen, übrigens auch zu den nichtverzehrbaren Teilen der klassischen Kulturpflanzen.

WINDISCH, FREISING

Man hat immer Angst, dass einem vielleicht die genetische Variation ausgeht. Wenn man für so viele verschiedene Situationen jedes Mal eine neue Inzuchtlinie oder eine Reinzuchtlinie gestalten muss, die man kombiniert. Haben sie Angst, dass ihnen die genetische Variation ausgeht? Wie bedeutsam ist das Sammeln, das Konservieren von archaischen Weizensorten, die irgendwo an bestimmten Gebirgstälern noch vereinzelt zu finden sind, für die Zukunft?

ANTWORT

Dadurch, dass selektiert wird, reduziert sich notgedrungen die Diversität. Die Vielfalt muss immer wieder nachgeführt werden und das unterschiedlich in verschiedenen Kulturen. Bei Mais gibt es im Moment auch in den Zuchtmaterialien so viel Diversität, dass da keine Angst besteht, dass es zu eng wäre.

Bei anderen sieht das anders aus. Bei Weizen zum Beispiel könnte das eher der Fall sein, bei Gerste, bei Tomaten beispielsweise ist es relativ eng. Da wird sehr stark drauf geschaut, aus Wildform oder anderen Arten die Vielfalt zu steigern. Das heißt, dieser Ansatz über Introgressionslinien zu schauen, ob man Vorteil hat, Diversität aus exotischem oder weniger angepasstem Material oder gar aus Wildformen einbringen zu können, wird intensiv betrieben und da zeigt sich ganz deutlich, nicht nur bei Tomate, aber auch bei Gerste beispielsweise, dass selbst wenn man eine ganz schlechte Form hat und nur einzelne Segmente überträgt, dass dort positive Allele oder Gene übertragen werden können und man sie isoliert von all den anderen, was die Leistung reduziert oder auch unterdrückt.

WINDISCH, FREISING

Das ist ja noch beruhigend, dass man da noch keine Angst haben muss, dass es einmal ausgeht, also dass die Arbeiten immer noch weitergehen können.

ANTWORT

Das IPK, wo ich tätig bin, beherbergt ja die Genbank, die deutsche oder bundeszentrale Genbank mit 150.000 Mustern, und selbstverständlich ist das ein Schatz. Und den zu heben und effektive Verfahren zu entwickeln, wie wir enorme, große Zahlen und große Vielfalthandelbar und zugänglich zu machen. Ein ganz wichtiges Thema für uns.

WINDISCH, FREISING

Dazu sind ja auch die Methoden gut, die sie vorgestellt haben und überhaupt, den Schatz als solches zu erkennen.

# Skyfarming – Innovation in der Pflanzenproduktion



## Abstract

Der globale Nahrungsbedarf steigt beständig als Folge einer weiterhin wachsenden Weltbevölkerung und sich wandelnder Ernährungsgewohnheiten. Hinzu kommt die steigende Nachfrage nach biogenen Rohstoffen für diverse Industrien im Rahmen der Bioökonomie. Bis 2050 wird sich der Bedarf an Biomasse aus der pflanzlichen Produktion voraussichtlich verdoppeln, d.h. wir benötigen in den kommenden Jahrzehnten eine um 100 % gesteigerte Ernteleistung. Die mit dieser Produktionssteigerung verbundenen Umweltwirkungen werden wesentlich davon abhängen, wie diese Ertragssteigerungen realisiert werden. Eine weitere Flächenexpansion, die i.d.R. verbunden ist mit der Rodung perennierender Vegetation, befördert den Klimawandel durch Freisetzung klimarelevanter Gase, führt zu Verlusten bei der Biodiversität und den damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen und sollte deshalb keine Option sein. Schon heute überwiegen die vom Menschen dominierten Ökosysteme und belegen rund 60% der 8,3 Mrd. Hektar umfassenden biologisch aktiven Festlandsfläche. Eine nachhaltige Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion, und hier insbesondere des Pflanzenbaus, muss bereits bestehende Ackerflächen sehr viel besser nutzen, um dem weiteren Verlust natürlicher Ökosysteme entgegen zu wirken. Wir Menschen wohnen und arbeiten in Hochhäusern, überwiegend aus der Überlegung heraus, dass Fläche knapp und teuer ist. Warum dann nicht, bei zunehmend knapp werdenden Ressourcen, die

Nahrungsmittelproduktion in die Vertikale verlagern? Skyfarming ist eine Innovation, basierend auf Hochtechnologie, die eine weitgehend umwelt- und klimaunabhängige Pflanzenproduktion im Gebäude vorsieht. Geschützt vor widrigen Witterungsbedingungen und Schadorganismen kann bei optimalen Wachstumsbedingungen das Produktionspotential der Pflanze ganzjährig genutzt werden. Der Ansatz verfolgt eine Effizienzstrategie, d.h. eine Reduzierung des Ressourcenverbrauchs je erzeugter Produkteinheit durch technische Innovation. Im Zentrum des Konzepts steht die Modellpflanze Reis (*Oryza sativa*) mit ihren Bedarfen. In einer technisch optimierten Gebäudehülle wird die Pflanze von der Saat bis zur Ernte in einer für das Pflanzenwachstum optimierten Umwelt geführt. Das erlaubt Erträge weit über den bislang erreichbaren Erntemengen unter Freilandbedingungen. Im Gegensatz zur konventionellen Landwirtschaft ist Skyfarming standortunabhängig. Das Konzept ermöglicht die Entkopplung von Pflanzenproduktion und Ackerfläche und bietet damit die Chance, auch einen Beitrag zur Selbstversorgung der Städte zu leisten.

## Einführung

Die derzeitige Situation in der Landwirtschaft ist geprägt durch eine kontinuierlich ansteigende Nachfrage nach ihren Produkten. Diese Nachfrage ist das Ergebnis einer weiterhin wachsenden Weltbevölkerung, sich ändernder Ernährungsgewohnheiten sowie dem zusätzlichen Bedarf an Bioenergie und biobasier-

ten Produkten für die verschiedenen Industrien. Man schätzt, dass der Bedarf an pflanzlicher Biomasse bis 2050 um 100 bis 110% steigen wird (Tilman et al. 2011). In Anbetracht der sich wandelnden Umwelt (einschließlich Klima, Landnutzung, Biodiversität, Wasserverfügbarkeit, troposphärischem Ozon und dem Anstieg des Meeresspiegels) wird es zunehmend schwerer werden, die wachsende Nachfrage zu befriedigen (Gregory & Ingram, 2000). Allein durch den Klimawandel wird erwartet, dass die globale Pflanzenproduktion, unter den Voraussetzungen derzeitiger landwirtschaftlicher Praktiken, um 9 % bis 2050 sinkt (Rost et al., 2009).

### **Wachsender Bedarf an biogenen Rohstoffen**

Der steigende Bedarf an biogenen Rohstoffen aus der Landwirtschaft erfordert enorme Anstrengungen seitens der Agrarwirtschaft, die bislang mit Ausdehnung der Anbauflächen und mit Intensivierung der Agrarproduktion reagierte. Beiden Optionen zur Sicherung der Agrarproduktion sind physische und biologische Grenzen gesetzt. Die landwirtschaftlichen Aktivitäten ihrerseits führen zu mannigfaltigen Umweltwirkungen, die die ökologische Tragfähigkeit der Erde mindern können. Tilman und Kollegen (2011) gehen davon aus, dass bei Fortsetzung derzeitiger Trends ca. 1 Milliarde Hektar Wald bis 2050 für die landwirtschaftliche Nutzung gerodet werden muss, verbunden mit der Freisetzung von Klimagasen (geschätzte 3 Gt CO<sub>2</sub>eq pro Jahr), dem Verlust an Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen sowie weiteren negativen Umweltwirkungen, wenn perennierende Vegetation beseitigt wird. Investitionen in Zukunftstechnologien, wie Skyfarming, könnten diese Auswirkungen deutlich reduzieren.

Bislang konnte die Agrarwirtschaft stets den wachsenden Bedarf bedienen. So wurden 2009/2010 ca. 325 kg Getreide pro Person und Jahr produziert, weit mehr als die für den täglichen Kalorienbedarf von 2100 kcal pro Person notwendigen 219 kg pro Person und Jahr (Misselhorn et al., 2012). Die FAO prognostiziert für 2050 einen durchschnittlichen Kalorienverbrauch von 3130 kcal pro Person und Tag,

wobei 17,5 % aus Fleisch- und Milchprodukten entstammen (FAO 2006). Nonhebel & Kastner (2011) berechneten den Bedarf an Nahrung, Tierfutter sowie Bioenergie für die kommenden 20 Jahre, basierend auf Getreideäquivalenten (Penning de Vries et al., 1997). Sie kommen zu dem Ergebnis, dass sich der weltweite Bedarf an Getreide auf 5,5 Milliarden Tonnen pro Jahr fast verdoppeln wird.

### **Regenerationsfähige Natur eine notwendige Voraussetzung für Landwirtschaft**

Die Nachfrage der Weltgemeinschaft nach biobasierten Rohstoffen aus der Landwirtschaft ist der größte Treiber für Landnutzungsänderung. Zwischen 1985 und 2005 expandierte die globale Acker- und Weidefläche um etwa 3 %, das sind 154 Millionen Hektar (Foley et al. 2011). Die globale Landwirtschaft hat ihren Preis in Form von Umweltdegradation und einem Rückgang von Natur- und Landschaftswerten. Um dieser doppelten Herausforderung – landwirtschaftliche Produktion einerseits und Erhaltung der Regenerationsfähigkeit der Erde andererseits – zu begegnen, bedarf es mehrerer Strategien:

- Um das Naturvermögen, d.h. die Biodiversität und die damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen langfristig zu sichern, sollte die Ausweitung der globalen landwirtschaftlichen Nutzfläche gestoppt werden, d.h. keine weitere Rodung tropischer Regenwälder und Savannen. Moore et al. 2012 gehen allerdings davon aus, dass der weltweiten Agrarfläche Priorität über die Waldfläche eingeräumt wird und entsprechend die globale Waldfläche zwischen 2030 und 2050 voraussichtlich von derzeit ca. 4,0 Milliarden Hektar (FAO-STAT 2014) auf 2,6 Milliarden Hektar reduziert wird, um die steigende Nachfrage zu befriedigen. Führende Institute wie die Weltbank ermuntern Politiker v. a. in den Ländern des Südens zur Rodung wertvoller Ökosysteme. So schreibt die Weltbank in ihrer Studie „Awakening Africa’s Sleeping Giant“, veröffentlicht 2009: *„The Guinea Savannah zone, extends across about 700 million hectares in Africa ... Of these, only 48 million hecta-*

res are currently being cropped. .... clearly it represents one of the world's largest underused agricultural land reserves“.

- In vielen Ländern klafft auch weiterhin eine große Lücke zwischen der erreichbaren Erntemenge einer Kulturpflanze und dem aktuell geernteten Ertrag. In Indien beispielsweise lag 2012 der durchschnittliche Reisertrag unter 4 t/ha und für Weizen bei knapp über 3 t/ha (FAOSTAT 2014), wohingegen die klimatischen Bedingungen einen potentiellen Ertrag von 8 bis 10 t/ha zulassen würden (Aggarwal et al., 2000). Solche Ertragslücken existieren für die Kulturpflanzen in allen Ökozonen. Wir müssen diese Ertragslücken schließen und die Produktivität des jeweiligen Standortes ausnutzen. Dazu bedarf es einer funktionierenden Saatgutwirtschaft, Zugang zu Bildung, Technologie, Krediten und Betriebsmitteln wie Dünger, aber auch einer entsprechenden Infrastruktur sowie Marktzugang etc.
- Ein Großteil der in der Agrarproduktion eingesetzten Betriebsmittel und Ressourcen wird nach wie vor ungenutzt und ungefiltert in die Umwelt entlassen. Diese Stoffe belasten und verändern sowohl terrestrische als auch aquatische Ökosysteme. Eine effiziente und dem Standort angepasste Ressourcennutzung in der Landwirtschaft (z.B. Reduktion des Energieeinsatzes durch Minimalbodenbearbeitung oder verringerter Wasserverbrauch durch verbesserte Bewässerungstechnik) kann die Umwelt entlasten und die Ökosystemdienstleistungen stärken.
- Um die Umwelt- und Gesundheitsbelastung zu reduzieren, bedarf es eines Wandels bei den Ernährungsgewohnheiten, insbesondere in den Industrieländern. Weniger Fleischkonsum dient beiden Zielen – einer gesunden Umwelt und der Gesundheit des Menschen (Hamm 2008). Die konsequente Vermeidung von Abfall über die ganze Nahrungskette hinweg sollte zudem ein politisches Ziel werden, um die Nachhaltigkeit der Agrarwirtschaft durch eine intakte Umwelt zu sichern.

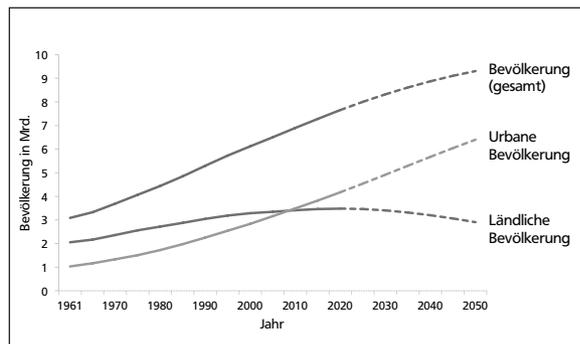


Abbildung 1: Prognostiziertes Bevölkerungswachstum in der Stadt und auf dem Land (nach Daten aus: United Nations 2011)

Es muss das Ziel sein zukünftige Farmsysteme so auszurichten, dass sie bei geringster Umweltbelastung mehr Wert für die Menschen schaffen.

### Urbanisierung zerstört fruchtbares Ackerland

Zwischen 2011 und 2050 wird die Weltbevölkerung schätzungsweise von 7 auf dann 9,6 Milliarden Menschen wachsen (United Nations 2013). Im gleichen Zeitraum wird die städtische Bevölkerung um 2,6 Milliarden steigen, von 3,6 (2011) auf 6,3 Milliarden Menschen in 2050, d. h. die urbanen Zentren dieser Erde werden das gesamte Bevölkerungswachstum der nächsten vier Jahrzehnte absorbieren. Im gleichen Zeitraum wird die ländliche Bevölkerung um 300 Millionen sinken (Abb. 1). In den Hundert Jahren von 1950 bis 2050 wird sich auf globaler Ebene das Verhältnis von städtischer zu ländlicher Bevölkerung komplett wandeln von 30:70 hin zu 70:30 (United Nations 2011).

Menschen siedelten in der Vergangenheit bevorzugt dort, wo fruchtbare Böden verfügbar sind. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass heute ein Zielkonflikt besteht hinsichtlich der Flächennutzung zwischen fortschreitender Urbanisierung und Landwirtschaft. Jedes Jahr, so wird geschätzt, gehen durch Verstädterung zwischen 1,6–3,3 Millionen Hektar beste landwirtschaftlich nutzbare Flächen verloren (Lambin &

Farm-System	Tragfähigkeit (Personen pro ha)		
Brandrodungsfeldbau <sup>1</sup>	0,1	bis	0,6
Traditionelle Landwirtschaft <sup>1</sup>	1	bis	8
Intensive Landwirtschaft <sup>1</sup>	6	bis	200
Skyfarming <sup>2</sup>	140	bis	2800

*Tabelle 1:* Agrare Tragfähigkeit von traditionellen und intensiven Farm-Systemen

*Quellen:* <sup>1</sup>Lal R. 2006, J Sci Food Agric 86 (14): 2273-2284;  
<sup>2</sup>Angaben für 1 ha Grundfläche bzw. ein 20-stöckiges Hochhaus mit einer Grundfläche von 1 ha, berechnet für einen tägl. Bedarf an 2100 kcal/Person/Tag (= 219 kg Getreide/Person/Jahr)

Meyfroidt, 2011). Mit jeder zusätzlichen Person erwartet man einen Zuwachs an versiegelter Fläche von 0,023 ha (Moore et al., 2012).

### Landwirtschaft im Wandel

Auf absehbare Zeit wird es noch traditionelle Farm-Systeme geben, die auf den Einsatz von Betriebsmitteln weitgehend verzichten und von der natürlichen Bodenfruchtbarkeit leben, d. h. der Feldwechsel steht hier im Vordergrund und nicht der Fruchtwechsel. Diese Systeme sichern überwiegend die Subsistenz der ärmeren lokalen, ländlichen Bevölkerung. Einen substantiellen Beitrag zur globalen Ernährungssicherung und damit auch der Städte leistet die konventionelle Landwirtschaft unterstützt durch lokale und ökologische Landbausysteme. Die Produktion wurde bereits in den letzten Jahrzehnten zunehmend intensiviert, um die Rohstoffnachfrage aus der Landwirtschaft zu bedienen. Alle Farm-Systeme, ob traditionell, konventionell oder ökologisch, haben gemeinsam, dass die Produktion auf der Horizontalen und überwiegend im Freiland stattfindet. Damit ist die Agrarwirtschaft die einzige Industrie, die bei ihrer Produktion von den Witterungsverhältnissen abhängig ist. Entsprechend instabil sind je nach Ökozone die jährlichen Ertragsleistungen. Der nach wie vor praktizierte Brandrodungsfeldbau in den Tropen kann lediglich zwischen 0,1 und 0,6

Personen pro ha ernähren. Intensiv betriebene Landwirtschaft immerhin zwischen 6 und 200 Personen pro ha (Lal, 2006). Skyfarming, ein Konzept für den Anbau von Kulturpflanzen in einem Gebäude und damit witterungsunabhängig, könnte bis zu 2800 Personen in einem 20-geschossigen Gebäude auf einer Grundfläche von einem Hektar mit Getreide versorgen (Tab. 1).

### Neue Akzente in der Agrarwirtschaft der Zukunft?

Am Beginn jeder Landbewirtschaftung steht die Konversion von natürlichen Ökosystemen, deren Überführung in Agrarökosysteme stets mit dem Verlust an struktureller und biologischer Vielfalt, sowie den damit verbundenen Ökosystemfunktionen und Ökosystemleistungen einhergeht. Die Endlichkeit der verfügbaren und auch nutzbaren Flächen in bislang unendlich erscheinenden naturnahen Ökosystemen wird zunehmend erkannt. Die rapide steigende Nachfrage nach biobasierten Rohstoffen aus der Landwirtschaft führt besonders in den Ballungsräumen zu einer sich verschärfenden Konkurrenz zwischen Besiedlung, Industrieexpansion und Landwirtschaft. Der zunehmenden Ressourcen-Knappheit steht eine landwirtschaftliche Produktionsweise gegenüber, die erhebliche Anteile der eingesetzten Ressourcen in meist ungefilterter Form wieder aus dem Produktionsprozess entlässt. Im Nachgang werden negative Umweltauswirkungen erzeugt (Pestizid-Belastungen, Verlust an C-Sequestrierungspotenzialen, Verschwendung von Trinkwasserressourcen, etc.). In der Zukunft wird jedoch eine Produktion benötigt, die zudem den Bestand an natürlichen Ressourcen mit ihren Funktionen und Dienstleistungen auch in Zukunft gewährleistet. Bisher war Landwirtschaft überwiegend Nutznießer der Fortschritte bei der Automatisierungstechnik. Mit dem Konzept Skyfarming könnte die Agrarwirtschaft zu einer treibenden Kraft für Innovationen bei der Automation werden. Neuerungen bei der Automatisierung können insbesondere durch ein verbessertes Ressourcenmanagement die nachteiligen Wirkungen der derzeitigen Farmsysteme auf die Umwelt mindern. Die Technologie kann auch dazu

beitragen, dass sich eine produktive Landwirtschaft wieder in den Städten etabliert. Das Konzept verfolgt folgende konkrete Ziele:

1. **Vervielfachung der Erträge** durch:
  - optimale Wachstumsbedingungen (Wasser, Temperatur, Licht, Nährstoffe)
  - mehrere Ernten pro Jahr, Vermeidung von Ertragsverlusten durch Konkurrenten.
2. **Verminderung der Umweltbelastung** durch:
  - verringerten Eintrag v. a. an Stickstoff und Phosphat in natürliche Ökosysteme,
  - effizientere Wassernutzung über Wiedereinspeisung von Transpirationswasser,
  - reduzierte Pestizidbelastung,
  - geringeren Flächenverbrauch für agrarische Nutzung.
3. **Kurze Transportwege** durch Verlagerung der Produktion an die Orte größter Nachfrage, mithin geringere Transportkosten und Umweltbelastungen (bspw. CO<sub>2</sub>-Ausstoß).
4. **Rezyklierung**: Energetische und stoffliche Nutzung der bei der Produktion anfallenden Nebenprodukte.
5. **Stabile, kontinuierliche Produktion**, daraus folgend geringe Preisschwankungen.

Die Herausforderung besteht darin, eine funktionierende und ressourceneffiziente Produktionseinheit in einer Gebäudehülle zu entwickeln, die kostengünstig in Serie hergestellt werden kann. In den USA wird „Vertical Farming“ (Fischetti 2008, Vogel 2008) mit teils futuristischen Architekturentwürfen diskutiert, die aber nicht auf die Anbautechnologie eingehen. Alle bisherigen Denkansätze sind auf Sonderkulturen im Hochpreissektor ausgerichtet, teils in Kombination mit Fischzucht und/oder Kleintierhaltung. Mit Skyfarming steht zum ersten Mal ein Grundnahrungsmittel im Vordergrund. Reis gehört für derzeit über drei Milliarden Menschen zur Basisversorgung und beansprucht mit über 163 Mio. Hektar rund 23 % der globalen Getreideproduktionsfläche (FAOSTAT 2014). Gleichzeitig werden 24–30 % der weltweit genutzten Frischwasserressourcen zur Produktion von Reis eingesetzt (Bouman et al. 2007). Reis ist damit einer der größten Wasser- und Flächenkonsumenten. Die Erträge werden in den nächsten Jahrzehnten trotz sich verknappender Wasser- und Landressourcen gesteigert werden müssen (Rijsberman 2006). Nach Tuong und Bouman (2003) werden im Jahr 2025 15–20 Mio. Hektar Reisanbaufläche unter Wassermangel leiden. Weiterhin ist Reis massiv an der weltweiten Erzeugung

Reisproduktion	Konventionelle Landwirtschaft	Skyfarm (1 ha Grundfläche, 20 Etagen)
Ertrag (2012, global) t ha <sup>-1</sup> Grundfläche a <sup>-1</sup>	4,4 <sup>1</sup>	600
Flächenbedarf (2012, global) Tsd. km <sup>2</sup>	1.632 <sup>1</sup>	120–380 <sup>*</sup>
Nutzungseffizienz, (Urea)Dünger %	30–40 <sup>3</sup>	>90
Klimagasemissionen (2012) Mio. t CO <sub>2eq</sub> a <sup>-1</sup>	525 <sup>1</sup>	gering bei EE <sup>**</sup>
Schwermetalleintrag aus Dgg. mg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	3.175 <sup>4</sup>	Spuren
Pestizideinsatz in der Reisproduktion (global) Tsd. t a.i.	467 <sup>5</sup>	0
Wasserbedarf l kg <sup>-1</sup> Korn	910 <sup>6</sup>	90
Biodiversitätsverlust vs Natur % pro Fläche	≈60 <sup>2</sup>	100

*Tabelle 2:* Vergleich von Ökobilanz-Parametern im Reisanbau unter Bedingungen einer konventionellen Reisproduktion und einer Skyfarm

<sup>1</sup> FAOSTAT 2014; <sup>2</sup> Fargione et al. 2010; <sup>3</sup> Choudhury & Kennedy 2005; <sup>4</sup> Dittrich & Klose 2008, Fairhurst 2007; <sup>5</sup> Williamson 2011; <sup>6</sup> Tuong et al. 2005; De Datta, 1981

<sup>\*</sup> incl. Windpark (3MW Anlagen) bzw. Photovoltaik (16% Modulwirkungsgrad); <sup>\*\*</sup> EE = Erneuerbare Energien

<sup>\*\*\*</sup> As, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, Tl, Cu, Zn, U berechnet in mg ha<sup>-1</sup> auf Basis empfohlener NPK Düngung zur Erzeugung von 1t Reis

klimarelevanter Gase beteiligt. Fünf bis 20 % der globalen Methan (CH<sub>4</sub>) Emission von etwa 600 Tg a<sup>-1</sup> stammen aus Reisproduktionssystemen (Abao et al. 2000; Kirk 2004; Jagadeesh Babu et al. 2006; Burney et al. 2010). Anders als in den bisherigen Ansätzen, verfolgt das Skyfarming-Konzept eine Effizienzstrategie, d.h. die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs je erzeugter Produkteinheit durch technische Innovation (Tab. 2).

Im Zentrum des wissenschaftlichen Gesamtkonzeptes steht die Nutzpflanze mit ihren Ansprüchen. Reis wird von der Saat bis zur Ernte in einer technisch optimierten Gebäudehülle über eine Förder-technik in jeweils optimierter Umwelt (Licht, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, etc.) kontinuierlich im Raum bewegt. Anstelle von Boden- oder Hydrokultur wird für die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanze ein Aeroponics-System entwickelt (Bereitstellung nährstoffreicher Nebel im Wurzelraum). So einfach sich das liest, die wissenschaftliche Bearbeitung und Verwirklichung einer solchen Hochtechnologie ist eine enorme Herausforderung an die verschiedensten Wissenschaftsbereiche.

#### Literatur

- Abao Jr., E.B., Bronson, K.F., Wassmann, R., Singh U. (2000) Simultaneous records of methane and nitrous oxide emission in rice-based cropping systems under rainfed conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58: 131–139.
- Aggarwal, P.K., Talukdar, K.K., Mall, R.K. (2000) Potential yields of rice–wheat system in the Indo-Gangetic plains of India. Rice Wheat Consortium Paper Series. New Delhi, India: RWCIGP, CIMMYT.
- Bouman, B.A.M., Humphreys, E., Tuong, T.P., Barker, R. (2007) Rice and water. *Advances in Agronomy* 92: 187–237.
- Burney, J.A., Davis, S.J., Lobell, D. B. (2010) Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *PNAS* 107: 12052–12057.
- Choudhury, A. T. M. A., Kennedy, I.R. (2005) Nitrogen fertilizer losses from rice soils and control of environmental pollution problems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 1625–1639
- De Datta, S.K. (1981) Principles and Practices of Rice Production. Int. Rice Res Inst., John Wiley & Sons, Inc., New York
- Dittrich, B., Klose, R. (2008) Schwermetalle in Düngemitteln. Schriftenreihe der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 3: 1–45
- Fairhurst, T.H. Witt, C., Buresh, R.J., Dobermann, A. (2007) Rice: A practical guide to nutrient management. International Rice Research Institute, International Plant Nutrition Institute, and International Potash Institute. ISBN 978-981-05-7949-4
- FAO (2006) World Agriculture: Towards 2030/2050. Global Perspectives Studies Unit: Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- FAOSTAT (2014) FAO Statistics Division, Rome Italy.
- Fargione, J.E., Plevin, R.J., Hill, J.D. (2010) The ecological impact of biofuels. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 41: 351–377
- Fischetti, M. (2008) Cultivating crops in downtown skyscrapers might save bushels of energy and provide city dwellers with distinctively fresh food. *Scientific American Earth* 3.0: 73–79.
- Foley, J.A. et al. (2011) Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478: 337–342.
- Gregory, P.J., Ingram, J.S.I. (2000) Global change and food and forest production: future scientific challenges. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 82: 3–14.
- Hamm, M.W. (2008) Linking sustainable agriculture and public health: opportunities for realizing multiple goals. *J Hunger Environ Nutr* 3: 169–185.
- Jagadeesh Babu, Y., Nayak, D.R., Adhya, T.K. (2006) Potassium application reduces methane emission from a flooded field planted rice. *Biol. Fertil. Soils* 42: 532–541.
- Kirk, G. (2004) The biochemistry of submerged soils. p.291. John Wiley and Sons, Chichester, West Sussex, UK.
- Lal, R. (2006) Managing soils for feeding a global population of 10 billion. *J. Sci. Food Agric.* 86: 2273–2284.
- Lambin, E.F., Meyfroidt, P. (2011) Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *PNAS* 108: 3465–3472.
- Misselhorn, A., Aggarwal, P., Ericksen, P., Gregory, P., Horn-Phathanothai, L., Ingram, J., Wiebe, K. (2012) A vision for attaining food security. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4: 7–17.
- Moore, D., Cranston, G., Reeda, A., Galli, A. (2012) Projecting future human demand on the Earth's regenerative capacity. *Ecological Indicators* 16: 3–10.
- Nonhebel, S., Kastner, T. (2011) Changing demand for food, livestock feed and biofuels in the past and in the near future. *Livestock Science* 139: 3–10.
- Penning de Vries, F.W.T., Rabbinge, R., Groot, J.J.R. (1997) Potential and attainable food production and food security in different regions. *Philosophical Transactions of Royal Society of London* 352: 917–928.

Rijsberman, F.R. (2006) Water scarcity: Fact or Fiction? *Agric. Water Manage.* 80: 5–22.

Rost, S., Gerten, D., Hoff, H., Lucht, W., Falkenmark, M., Rockström, J. (2009) Global potential to increase crop production through water management in rainfed agriculture. *Environ. Res. Lett.* 4 (4) , art. no. 044002.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., Befort, B.L. (2011) Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc Natl Acad Sci U S A* 108: 20260–20264.

Tuong, T.P., Bouman, B.A.M. (2003) Rice production in water scarce environments. In “Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement” (J.W. Kijne, R. Barker and D. Molden, Eds.), pp. 53–67. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Tuong, T.P., Bouman, B.A.M., Mortimer, M. (2005) More rice, less water—Integrated approaches for increasing water productivity in irrigated rice-based systems in Asia. *Plant Production Science* 8: 231–241

United Nations (2011) Department of Economic and Social Affairs, Population Division: *World Population Prospects: The 2010 Revision*, New York, USA.

United Nations (2013) Department of Economic and Social Affairs, Population Division: *World Population Prospects: The 2012 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Working Paper No. ESA/P/WP.227.

Vogel, G. (2008) Upending the traditional farm. *Science* 319: 752–753.

Williamson, S. (2011) Understanding the full costs of pesticides: Experience from the field, with a focus on Africa. p. 25–48. In: *Pesticides—The Impacts of Pesticides Exposure*, Stoytcheva, M. (Ed.), ISBN: 978-953-307-531-0, InTech Open Science.

World Bank (2009) *Awakening Africa's Sleeping Giant—Prospects for Commercial Agriculture in the Guinea Savannah Zone and Beyond*. The World Bank, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA, DOI: 10.1596/978-0-8213-7941-7

## Diskussion



WINDISCH, FREISING

Wie sehen sie die Möglichkeiten, die Wirtschaftsdünger der Stadt zu verwerten? Die Menschen essen das erzeugte Material, ich könnte doch den Nährstoffkreislauf generieren, so wie wir es von den Wirtschaftsdüngern und den Futtermitteln kennen.

ANTWORT

Grundsätzlich gebe ich Ihnen Recht. Allerdings würde man das erst einmal rausreinigen müssen und die reinen Nährstoffe gewinnen müssen. Wir würden jetzt einfach unsere Abwässer nutzen für die Bewässerung, dann würden sie enorme Keimbelastungen ins System bringen. Damit kriegen sie enorme Krankheitsprobleme bzw. sie bringen dann die Krankheiten ins Haus und das funktioniert dann nicht mehr. Das heißt ja, Recycling gerne, dann aber bitteschön den reinen Nährstoff in Form von Stickstoff und Phosphor. Aber daran arbeiten die Agrarsystemtechniker. Beispiele gibt es Berlin und Zürich

BERG, BONN

Vielen Dank für diesen sehr interessanten Vortrag. Zumindest bei solchen Systemen, wie das Farming oder Skyfarming, ist für die letztendliche Realisation entscheidend, wie das ganze von der Wirtschaftlichkeit her aussieht. Haben sie für ihre Modelle Überlegungen, auch ökonomische Kalkulationen dazu angestellt? Hier eine Ergänzung meinerseits. Wir haben uns auch mit diesen Dingen beschäftigt, wir fragten uns dort, ist Farming für die Zukunft eine Option,

auch unter dem Aspekt Landknappheit und all diese Dinge. Wir haben dann eine Modellfarm gerechnet, zusammen mit dem DLR, die haben sich damit auch auseinandergesetzt, mit den Technologien, und zwar aufgrund der Vorstellung, dass man vielleicht mal Astronauten extraterrestrisch in so einem geschlossenen System versorgen müsste, wofür man dann 28 qm pro Person Bedarf hätte. Das kommt dann auf diese 3.000 Leute pro Hektar. Wir haben so eine Modellfarm mit dem DLR zusammen gerechnet, die dann allerlei Gemüsearten, aber auch Fisch usw produziert. Einschließlich aller Kosten, Investitionskosten für die Gebäude, Energiekosten, Personalkosten, alles aktuelle Zahlen – kamen wir auf durchschnittliche Kosten pro kg erzeugter Biomasse zwischen € 3,00 und € 4,00. Das ist jenseits dessen, was wir für konventionelle Nahrungsmittel im Durchschnitt ausgeben wollen. Das ist aber wieder so weit weg, dass es uns utopisch erschien in der Zukunft. Insbesondere dann, wenn man berücksichtigt, dass mit der Entwicklung von Techniken im Regelfall auch durchaus Kostensenkungen verbunden sind. Ich persönlich habe das am Anfang erst einmal ins Reich der Utopie verfrachtet und musste mich dann eines Besseren belehren lassen, weil diese Kostenkategorien mit Blick in die Zukunft durchaus etwas sind, wo man sagen könnte, da könnte durchaus Potential in Mega-Citys zum Beispiel drin stecken, aber nicht nur dort. Denn eine andere Idee, die wir auch einmal entwickelt haben und auch in der nächsten Zeit prüfen wollen, ob da ein Potential drin steckt. Wir haben

natürlich in Bezug auf die Erzeugung von Biomasse für die stoffliche Verwertung, etwa in Bioraffinerien. Man denkt nicht mehr über Reis oder Tomaten in solchen Gewächshäusern nach, sondern vielleicht Algen und solche Dinge im geschlossenen System und hätten damit natürlich auch die große Chance, diese Diskussion „Tank oder Teller“ aufzulösen. Wir würden in die Höhe gehen und würden nicht mehr die Flächenkonkurrenz haben. Wir denken natürlich im geschlossenen System, d. h. auch Designerkulturen, die wir dort drin hätten, und wir hätten nicht mehr die großen Akzeptanzprobleme, die wir im Augenblick in der Gesellschaft haben. Von daher hat das Ganze eine ganze Reihe von Facetten, die man in der Zukunft noch diskutieren könnte.

#### ANTWORT

Sie hatten gefragt, wie ökonomisch wir zu berechnen haben. Ich sage ihnen ganz eindeutig, Wir haben keine Berechnungen durchgeführt. Wir haben zwar Ökonomen im Expertenteam drin, die auch sagen, auf welcher Basis soll ich eigentlich rechnen. Wir haben im Prinzip drei Faktoren, die die Ökonomie bestimmen. Erst einmal die Frage, wieviel Energiezufuhr muss ich tatsächlich leisten? Das ist eine Frage, die kann ich bisher noch nicht eindeutig beantworten. Wir wissen zu wenig über die Lichtmenge und Lichtqualität, aber wir wissen, dass wir in dem Bereich der Lampentechnologien noch einiges zu erwarten haben. Die jetzigen LEDs werden nicht die LEDs sein, die es tatsächlich wuppen, aber wir haben da enorme Potentiale, die dann entsprechend auch dazu führen, dass weniger Energie eventuell eingeführt werden muss. Es kann dann sein, dass wir aber mehr Kühlung brauchen, da brauchen wir auch wieder eine Überlegung, wie kriegen wir die Lampen kühl, die dann auch eine höhere Lichtqualität leisten. Das ist ein Unsicherheitsfaktor, der momentan noch nicht übersehen wird. Genauso wenig wird übersehen, was für Materialien wir für solch eine Skyfarm haben werden. Uns sagen die Ingenieure aus der Materialforschung, wir werden mit Sicherheit keine Glasformen haben, wir werden dann andere Materialien nutzen können, weil wir ganz an-

dere Ansprüche haben und auch nicht die Ansprüche brauchen, die wir in einem normalen Gebäude, was Büro oder Menschen beherbergt, haben werden. Wir können ganz andere Materialien haben, die aber jetzt noch nicht nachgefragt werden. Also wir haben sie auch noch nicht auf dem Markt, aber wir wissen, wir haben die Möglichkeiten, diese zu entwickeln, wenn wir tatsächlich wissen, was die Spezifikation sein soll. Muss da entsprechend Wärme abgedämmt werden oder muss da entsprechend Kälte abgeschützt werden, muss eventuell mehr Lichteinfall oder weniger Lichteinfall sein? Das sind alles Fragen, die wir nicht beantworten können, weil die Forschung noch nicht läuft in diesem Sinne.

Als dritter Faktor käme dann hinzu. Wollen wir tatsächlich auch die ökologischen Vorteile einer solchen Skyfarm umsetzen? Wir haben eine Menge externe Kosten im Pflanzenbau, die momentan der Steuerzahler oder wer auch immer zahlt, die Natur. Aber wenn wir tatsächlich 525 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> bei Raiser Line jedes Jahr umrechnen und das an der Börse bewerten lassen, was ist es für Geld aus dem CO<sub>2</sub>-Zertifikat, dann haben wir Milliardenbeträge zur Verfügung. Im Moment ist dieses CO<sub>2</sub>-Zertifikat noch eine wirklich kleine Nummer, aber wir hoffen, dass die irgendwann mal gedeckelt wird, so dass dann tatsächlich etwas rauskommt aus diesem Bereich. Wir können also auch Kosten wiederum zurückrechnen, was wir sparen an Kosten beispielsweise. Und das wird dann letztendlich die Ökonomisierung realisieren können. Ich bin da vorsichtig, aber wir haben keine Berechnungen.

#### WOLFFRAM, KIEL

Wenn ich jetzt so die Dimensionen betrachte auf ihren Bildern sind das ja riesige Komplexe und Anlagen. Wer würde denn so etwas betreiben? Das wäre sicher nicht der klassische Landwirt. Wie sieht es aus mit Beschäftigungspotential, wenn wir an die Menschen denken? Da könnte ich mir vorstellen, da gibt es für Ingenieure und Techniker natürlich ein riesiges Potential, aber die klassische Tätigkeit in der Landwirtschaft würde sich deutlich verändern.

## ANTWORT

Zum Ersten: Das sind natürlich Potentiale. Wer sind die Betreiber? Das kann genauso laufen, wie beispielsweise die Energie im Moment. Das können Gemeinschaften sein, das können Privatleute sein, es können Gemeinden sein, die sich zusammenschließen oder Metropolen. Es könnte natürlich im schlimmsten Fall auch Monsanto selber sein, die eine solche Anlage betreiben. Da ist der Markt relativ offen. Es wird nicht der Kleinbauer sein, aber es könnte natürlich eine ganze Reihe von Bürgern sich in großen Mengen zusammenschließen und eine solche Farm betreiben und auch entsprechend daraus ihre Gewinne ziehen. Das ist eine Sache, die wir noch nicht betrachtet haben. Da kann ich nur spekulieren, wie sich das nachher entwickeln wird, aber ich glaube nicht, dass das in die Hände von wenigen Unternehmen kommen soll, die jetzt schon das Saatgut in den Händen haben. Das ist wahrscheinlich die Befürchtung, die sie haben. Aber warum ist nicht daran zu denken, dass es im Prinzip Aktiengesellschaften gibt, Fondsgesellschaften gibt, dass es Gemeinden gibt und Metropolen, die sich das dann auf die Fahne schreiben und sagen wir sind Selbstversorger und haben eine transparente Versorgung. Das nächste war die Frage, wieviel Arbeitsplätze gehen verloren. Klar, wir haben eine Verschiebung, wir brauchen qualifizierte Arbeitskräfte, wir brauchen nicht nur die Bauern. Ich hatte erwähnt, im ländlichen Raum ist Arbeitskraft knapp in der Landwirtschaft. Insofern glaube ich nicht, dass das extrem dazu führen könnte, dass wir hier eine Arbeitslosenschar produzieren, wenn wir Skyfarming praktizieren, weil das auch nur eine Komponente ist. Wir werden ja nicht die globale Produktion in der Landwirtschaft in eine Skyfarm versetzen, sondern es ist lediglich ein kleiner Baustein, der helfen soll, insbesondere bei den Grundnahrungsmitteln, die viel Fläche verbrauchen, entsprechend Leistung zu haben. Den Salat, den kann ich da drin produzieren, aber das würde uns keine Fläche zurückbringen. Natürlich ist es ein Hochpreisprodukt. Kautschuk beispielsweise wäre eine sehr interessante Pflanze oder Löwenzahn. Wenn ich das natürlich in so einer Farm produzie-

ren könnte, habe ich eine Hochpreiskultur, und ich habe dann auch noch die Kapazitäten, um die Reifenindustrie versorgen zu können, auch in instabilen Zeiten, wenn uns der normale Kautschuk aufgrund von Krankheiten leider verlassen muss.

## BRUNSCH, POTSDAM

Meine Frage geht noch einmal zur Energie. Sie haben zwar schon ein bisschen darauf geantwortet, aber es ist ja bekannt, wieviel Energie die Pflanze zum Wachstum braucht. Das ist wahrscheinlich der Großteil des Energiebedarfs und den müssen wir in jedem Fall zuführen. Kann man da nicht trotzdem schonen, auch wenn viele technologische Fragen offen sind?

Kann man schon mal eine Bilanzierung machen oder vermeiden sie dies, weil sie Angst haben, dass das System dann aus der Diskussion kommt.

## ANTWORT

Nein. Wir haben die Berechnung gemacht aufgrund des Bedarfs zum Beispiel der Biomasseproduktion, die wir pro Quadratmeter realisieren könnten, optimaler Weise und kommen dann im Prinzip bei den jetzigen Erkenntnissen und der jetzigen Situation, der Beschreibung der Physiologie der Pflanze auf etwa 180 kWh pro Quadratmeter und Jahr. Das sind bei einer Skyfarm bei drei Ernten 540 kWh pro Quadratmeter und Jahr, um diese ernten zu können. Wir brauchen etwa sieben Windkraftanlagen á drei Megawattleistung. Jede Windkraftanlage braucht ungefähr einen halben Hektar Fläche, d. h., wir brauchen sieben Hektar Fläche zusätzlich zu einer Skyfarm, um über die Windenergie das ganze zu steuern. Wenn wir die Photovoltaik nehmen, brauchen wir ungefähr drei Hektar zusätzlich pro Skyfarm, um den Energiebedarf zu sättigen, bei einer Solaranlage weiß ich es nicht ganz genau, auch das ist eine Möglichkeit. Wir brauchen auf jeden Fall unter den jetzigen Bedingungen ungefähr zwischen 10 und 30 Hektar zusätzlich Fläche, um den Energiebedarf für die Skyfarm zu decken, bei 20 Stockwerken und einer Ertragsleistung von etwa 10 t pro Ernte, sprich 30 t pro Hektar und Jahr.

KAGE, KIEL

In der Diskussion hat sich ergeben, ob sich so etwas rechnen kann. Ich habe ein paar Eckzahlen dabei. Konversionseffizienz von Energie-Trockenmasse liegt ja ungefähr so bei 3 g Trockenmasse pro MJ Energie. Da gehen wir miteinander konform. Das ist ein Wert, der unter optimalen Bedingungen schwerlich überschritten werden kann. Das ist hier, aber sehr viel mehr geht da nicht. Dann haben wir im Augenblick eine Konversionseffizienz der elektrischen Energie in Strahlungsenergie. Ich habe geguckt bei modernen Osram-LEDs, etwa 37 %. Das ist schon ein toller Wert. Ich weiß nicht, wo wir da noch hinkommen können, aber 37 %, das ist schon ein Jahr her. Wenn man mal guckt, dass die Strahlung nur zu 80 % tatsächlich vom Bestand aufgenommen wird. Sie haben es ja gesagt. Der Bestand ist nicht sofort geschlossen. Wir haben Reflektionsanteile. Wir können die Energie jetzt nicht voll der Pflanze zurechnen nämlich mit Energiekosten von 15 Cent pro kWh rechnen. Das ist auch ein geschätzter Wert, das könnten 5 sein, das könnten 25 sein. Was nehmen wir in 20 Jahren für einen Energiepreis an? Ich kann es nicht sagen. Ich habe 15 Cent genommen. Man kommt im Prinzip auf Energiekosten von € 5.000 pro dt Trockensubstanz. Das ist für einen Salatkopf ein guter Euro. Das ist für Hocheinkommensregionen vielleicht durchaus ein Preis, der dann noch zu bezahlen ist. Insgesamt muss man sich das anschauen. Wir haben eine Energienutzungseffizienz in der Pflanzenproduktion von etwa 2 %. Also 2 % der Energie, die wir tatsächlich aufnehmen, es können drei sein. Die Energie, die aufgenommen wird, die Strahlungsenergie wird tatsächlich in Trockensubstanz umgewandelt.

Mehr hat die Evolution über hunderte von Millionen Jahren nicht hinbekommen. Algen können mehr bringen, aber bei Algen muss man auch sehen, ist der ganze technische Aufwand dabei. Das ist für mich auch nicht die Option. Wir sollten uns da einfach den Realitäten stellen. Pflanzenbau bleibt ein horizontales Gewerbe. Mit der geringen Nutzungseffizienz können wir nicht noch einmal teuer erzeugte Energie reinstecken, um dann ein System anzutreiben, dass für sie

eine geringe Energieeffizienz hat. Das wird nicht funktionieren. Das kann man wirklich auch durchrechnen. Da muss ich sagen, das kann man im Wesentlichen heute beantworten, dass das so nicht funktionieren wird. Architekten malen uns das schöne Gebäude hin, es sieht auch toll aus, aber das ist etwas, was man mehr hinterfragen muss.

ANTWORT

Ich weiß nicht, welche Energiepreise sie gerechnet haben. Wir sollten vielleicht nicht unsere Energiepreise nehmen, die hier in Deutschland eingefordert werden. Das ist sehr wahrscheinlich unrealistisch. Wir wissen aber auch nicht beispielsweise, sie hatten angesprochen, dass Pflanzen die Strahlung aufnehmen. Aber was wir feststellen ist, wir wissen definitiv nicht, ob Pflanzen auch eine Art Schlafrhythmus haben. Können sie zum Beispiel eine Biomasse aufnehmen? Insofern beobachten wir, dass sie eine gewisse Kapazität haben, CO<sub>2</sub> aufzunehmen und das muss assimiliert werden. Es könnte durchaus sein, dass wir aufgrund der Situation draußen, auch natürlich im Gewächshaus, bisher immer die Situation haben, wir haben 12 Stunden Licht und das wird von oben eingestrahlt. Wenn sie aber jetzt im Prinzip hergehen und verteilen das Licht, beispielsweise in einem kleinen Raum, so dass eine Spiegelung an alle Flächen der Pflanze herankommt, dann können natürlich auch ganz andere Blattflächen, ganz andere Photosyntheseleistungen realisiert werden als es der Fall ist, wenn sie nur von oben kommen. Wir müssen wirklich überlegen, wie muss ich im Prinzip die Einstrahlung an der Pflanze optimieren, um auch da entsprechend über Einsparmöglichkeiten der Energie nachzudenken, weil nur bestimmte Zeiten in Anspruch genommen werden können, dann in der Ruhephase, dann Assimilation, dann wieder weiter wachsen. Wir können da an bestimmten Stellschrauben noch arbeiten, die es ermöglichen könnten.

HARTUNG, KIEL

Das Thema ist ja interessant. Gerade Agrar- und Verfahrenstechnikern bringt das ja immer ein Leuchten in die Augen, wenn man an all die Sensorik und Regelalgorithmen denkt, dann haben sie ja Dinge angesprochen, die sie noch nicht übersehen oder drücken wir es positiv aus, die Herausforderung sind. Wie sieht das denn eigentlich aus mit der Luft? Sie sagen ja, sie wollen keinen Pflanzenschutz haben. Das heißt für mich, wenn man sich das vorstellt. Das Ding steht jetzt in der Mitten in der City. Eigentlich muss da ja Reinluft hinein, die Sektionen müssen auch lufttechnisch getrennt sein. Man könnte jetzt positiv ausdrücken, das ist eine große Luftfilteranlage, schmutzige Luft kommt rein, saubere Luft kommt raus. Ist das eigentlich in ihren Überlegungen und Berechnungen mit drin? Jeder, der sich mit Abluft- und Reinigungstechnik beschäftigt weiß, dass es auch nicht gerade etwas ist, was immer ganz effizient und vielleicht kostengünstig ist.

ANTWORT

Ich bin natürlich kein Ingenieur und kann ihnen das so nicht beantworten, aber sie haben ja den Kollegen Joachim Müller beispielsweise in Hohenheim und wir haben eine Reihe von Ingenieuren, die sich speziell mit diesen Fragen beschäftigen von der Uni Stuttgart und die sagen uns, wir hatten ein Expertengespräch mit 30 verschiedenen Disziplinen am Tisch und haben das durchgeführt. Ist das überhaupt was für euch, was ihr euch vorstellen könnt, was ingenieurtechnisch geht. Dann sagen die uns alle – war selber erstaunt – ja, das geht. Aber wir müssen erst einmal dran forschen, und zwar gemeinsam in einem Haus möglichst, damit wir dann entsprechend auch die Module ändern können. Allein, das zu machen, ohne zu wissen, ob das irgendwann einmal mit den konkreten Problemen zu tun hat, ist schwierig zu beantworten. Sie sagen aber alle, das funktioniert und darauf verlasse ich mich jetzt erst einmal.

WINDISCH, FREISING

Wäre das grundsätzlich eine Möglichkeit – Skyfarming – solche Häuser an Standorten zu positionieren, die bisher der agrarischen Nutzung gar nicht zugänglich waren. Ich denke, wenn jetzt in Grönland die Gletscher abtauen.

ANTWORT

Ich würde nicht sagen, dass Grönland der ideale Standort wäre, aber Island beispielsweise, wo sie Biothermie haben, da haben sie eine regenerative Energie. Das wär also ein temporales Gebiet. Denken sie aber eher an Wüstenstandorte, Kuwait oder an Katar oder an Saudi-Arabien oder an andere Standorte, wo Wasser knapp ist, die Fläche aber im Prinzip vorhanden, Solarenergie auch vorhanden ist. Das könnte durchaus ein attraktives Gebiet sein oder Kairo, wo sie die Metropole zu versorgen haben, haben aber auch entsprechend Fläche zur Verfügung haben, sie haben Sonnenenergie. Das sind Standorte, an die wir eher denken als jetzt an Grönland beispielsweise. Aber es ist standortunabhängig. Sie können ja genauso in der Horizontale bleiben, wenn sie Fläche haben. Dann machen sie eben nur ein Geschoss und geben die Sonnenenergie von oben, dann sind sie modular unterwegs.

# Nachhaltige Nutztierzucht und -haltung – die zukünftigen Herausforderungen



## Nachhaltige Nutztierhaltung – Integrierter Bestandteil der Bioökonomie

Die „wissensbasierte Bioökonomie“ umfasst alle industriellen und wirtschaftlichen Sektoren und ihre dazugehörigen Dienstleistungen, die biologische Ressourcen (Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen) produzieren, ver- und bearbeiten oder in irgendeiner Form nutzen. Dazu gehören u. a. die Land- und Forstwirtschaft, die Nahrungsmittelindustrie, die Fischerei und Aquakulturen aber auch Teile der Chemie-, Pharmazie-, Kosmetik- und Textilindustrie Energiewirtschaft. Die wissensbasierte Bioökonomie besitzt das Potential neben ihrer wichtigen Rolle für mehr Wachstum und Beschäftigung, nachhaltige Beiträge für die Bewältigung globaler Herausforderungen wie die Deckung des wachsenden Bedarfs an sicheren und qualitativ hochwertigen Lebensmitteln oder an nachwachsenden Rohstoffen, die Prävention und Bekämpfung von Krankheiten und ernährungsbedingten Erkrankungen oder zur Sicherung einer ganzheitlichen Nachhaltigkeit zu leisten. Mit der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ (BMBF, 2010) legt die Bundesregierung die Grundlagen für die Vision einer nachhaltigen bio-basierten Wirtschaft bis zum Jahr 2030, „... deren vielfältiges Angebot die Welt ausreichend und gesund ernährt sowie mit hochwertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen versorgt“. Darüber hinaus hat die Bundesregierung mit dem Konzeptpapier „Politikstrategie Bioökonomie“ (BMELV, 2013), aufbauend auf diesem und weiteren Strategiepapieren, die Grundlagen für

eine kohärente Politikgestaltung geschaffen und die Prioritäten für die weitere Entwicklung der wissensbasierten Bioökonomie in Deutschland bestimmt. Für die weitere Entwicklung zu einer wissensbasierten, international wettbewerbsfähigen Bioökonomie werden mit der „Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ fünf prioritäre Handlungsfelder gesetzt: (1) weltweite Ernährungssicherheit, (2) nachhaltige Agrarproduktion, (3) gesunde und sichere Lebensmittel, (4) nachwachsende Rohstoffe industriell nutzen sowie (5) Energieträger auf Basis von Biomasse.

## Die zukünftigen Herausforderungen an eine nachhaltige Nutztierhaltung

*Globale Ernährungssicherung die Herausforderung des 21. Jahrhunderts*

Die Nutztierhaltung in Deutschland und der EU ist dabei Teil eines weltweit vernetzten prosperierenden Wirtschaftssektors, welcher durch einen rasanten Strukturwandel, differenzierter werdende Verbraucheransprüche und sich drastisch ändernder Rahmenbedingungen gekennzeichnet ist (Schwerin et al., 2010, Charta für Landwirtschaft, 2012, DAFA, 2012, Animal Task force, 2013). Die Nutztierhaltung hat ihre Produktion weltweit gesehen in den vergangenen 50 Jahren mehr als verdoppelt. Das Wachstum fand dabei überwiegend in Regionen außerhalb Europas statt, mit höchsten Steigerungsraten in Asien und Südamerika. Deutschland verfügt im internationalen Vergleich über relativ günstige natürliche Bedingungen und über eine hochproduktive Nutztierhaltung,

deren Wachstum gemessen an den globalen Wachstumsraten zwar relativ gering, allerdings deutlich höher als in den meisten anderen EU-Ländern ist. Die Nutztierhaltung steht vor der großen Herausforderung unter den Bedingungen einer abnehmenden Ressourcenverfügbarkeit, sich ändernder Verbraucheransprüche (diversifizierende Bevölkerungsentwicklung, Verbraucherakzeptanz) und differenzierter werdender Produktionsbedingungen, wie Flächenkonkurrenz, Klimawandel und Globalisierung, mehr Lebensmittel zur Deckung einer weltweit steigenden Nachfrage nachhaltig zu erzeugen.

In den Industrieländern haben dabei der züchterische Fortschritt, eine höhere Ressourcenverfügbarkeit und die Umsetzung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse über den Nährstoffbedarf die tierischen Leistungen in den letzten Jahrzehnten erheblich ansteigen lassen und damit zu einer vorher nie gekannten Versorgung mit Lebensmitteln tierischer Herkunft geführt. Mit etwa 15 % der in den Industrieländern gehaltenen Welttierbestände werden gegenwärtig mehr als die Hälfte des essbaren Proteins tierischer Herkunft erzeugt. Im Gegensatz dazu erzeugen die 70 % der Welttierbestände, die in den Ländern mit mehr als 20 % der Bevölkerung mit Unterernährung gehalten werden, lediglich 25 % des essbaren Proteins tierischer Herkunft. Das Szenario zugrunde legend, dass von den im Jahre 2050 erwarteten 8 Mrd. Menschen 2 Mrd. mit 60 g und 6 Mrd. mit 20 g tierischem Protein je Tag und Kopf versorgt werden, müsste bei gleichbleibender Produktion in den Industrieländern die Produktion in den Entwicklungs- und Schwellenländer um das mehr als dreifache gesteigert werden bzw. anderswo in der Welt zusätzliche landwirtschaftliche Flächen bereit gestellt werden. Die hochproduktive Nutztierhaltung der Industrieländer besitzt deshalb auch zukünftig große Bedeutung bei der Deckung der weltweit erwarteten gesteigerten Nachfrage nach tierischen Nahrungsmitteln, obwohl die Bevölkerungszahlen in diesen Ländern selbst voraussichtlich stagnieren bzw. rückläufig sein werden.

### *Nachhaltiges Wirtschaften als Leitprinzip der zukünftigen Nutztierhaltung*

Unabhängig davon, dass Nutztiere z. T. für die Ernährung des Menschen Ressourcen nutzbar machen (z. B. nicht verdauliche Zellulose), die sonst unerschlossen bleiben, muss die Nutztierhaltung zukünftig vor dem Hintergrund einer **abnehmenden öffentlichen Akzeptanz** und zunehmend unsicherer werdender förder- und ordnungspolitischer Rahmenbedingungen ausgestaltet werden. Viele Bürger stehen den heutigen Produktionssystemen und Strukturen der Nutztierhaltung kritisch gegenüber. Einerseits freuen sich viele Verbraucher darüber, dass ihnen eine breite Palette hochwertiger Lebensmittel zu niedrigen Preisen zur Verfügung steht, und sie kaufen entsprechend ein. Andererseits bringen viele Verbraucher in Umfragen zum Ausdruck, dass sie den heutigen Produktionssystemen und Strukturen der Nutztierhaltung ausgesprochen skeptisch gegenüberstehen. Großbestände, technisierte Produktionsverfahren, hohe Tierleistungen, Medikamenteneinsatz, das Amputieren von Körperteilen, regionale Konzentration sowie die Emissionen aus der Nutztierhaltung werden angeprangert. Die Konflikte brechen zumeist punktuell auf, zum Beispiel bei geplanten Baumaßnahmen oder in der Folge von Fernseh- oder Zeitschriftenreportagen. Bei diesen Anlässen wird zum einen deutlich, dass unser Land von einem Konsens über den richtigen Umgang mit Nutztieren weit entfernt ist, und zum anderen aber auch, wie schwierig es ist, in einem marktwirtschaftlich verfassten und international vernetzten Wirtschaftszweig Strategien zu entwickeln, die Aussicht auf grundlegende Kurskorrekturen bieten.

Bemerkenswert ist, dass die Kritik vieler Menschen als Bürger in der gesellschaftlichen Diskussion relativ ausgeprägt ist, während sie ihre Einstellung als Konsumenten am Markt bisher nur bedingt um Ausdruck bringen. Bemerkenswert ist auch, dass es kein einheitliches Bild einer ‚Nutztierhaltung von morgen‘ gibt, das erlauben würde, Strategien zu entwickeln, die Aussicht auf grundlegende Kurskorrekturen bieten. Unstrittig ist, dass das Themenfeld Tiergerechtigkeit, d. h. die Auswirkungen der Haltung auf das Verhalten,

das Tierwohl und die Gesundheit der Nutztiere, einer verstärkten Aufmerksamkeit bedarf.

Aktuelle Erhebungen im Rahmen des Eurobarometers (s. a. *Nestle Ernährungsstudie, 2011, Abb. 1*) zeigen, dass 66 % aller Deutschen die Tiergerechtigkeit der Nutztierhaltung als „beunruhigend“ empfinden – dieser Wert stieg in den letzten Jahren an. In den Augen vieler Verbraucher geht es dabei nicht allein um das Wohlergehen der Tiere, sondern es wird auch eine enge gedankliche Verbindung zwischen dem Wohlergehen der Tiere und der menschlichen Gesundheit hergestellt.

*Nutztierhaltung – wesentlich für die Wertschöpfung und damit für die Zukunft des ländlichen Raumes*

Neben der bedarfsgerechten Versorgung des Menschen mit hochwertigen Lebensmitteln ist die Nutztierhaltung für die **Zukunftssicherung des ländlichen Raumes** von fundamentaler Bedeutung. So z. B. ist sie in Deutschland mit ca. 1,5 Mio. Beschäftigten (Produktion und Verarbeitung) ein stabiler und verlässlicher Arbeitgeber und damit wichtiger Bestandteil des deutschen Arbeitsmarktes sowie der regionalen Wirtschaftsstrukturen. Eine nachhaltige naturnahe Gestaltung lebenswerter ländlicher Räume erfordert Wertschöpfung im ländlichen Raum. Die Nutztierhaltung ist für den deutschen Agrarsektor von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Sie generiert mehr als die Hälfte des Gesamteinkommens. Die große Bedeutung der Viehhaltung ist auch auf die agrarstrukturellen Rahmenbedingungen zurückzuführen, da viele Betriebe nicht über genügend Fläche verfügen, um ihre Arbeitskraft allein mit dem Ackerbau auslasten zu können: Unter Beachtung der sich verändernden sozialen, ökonomischen und ökologischen Bedingungen kann im Jahre 2050 weltweit nur dann eine die Ansprüche deckende Menge an Lebensmitteln tierischer Herkunft erzeugt werden, wenn es gelingt, neue Methoden und Verfahren mit einem sehr hohen Innovationspotential zu entwickeln und unter Beachtung der differenten regionalen bzw. territorialen Wertschöpfungs- und Entwicklungspotentiale in die praktische Anwendung zu überführen, die globale Ernährungssicherung als eine fächerübergreifende,

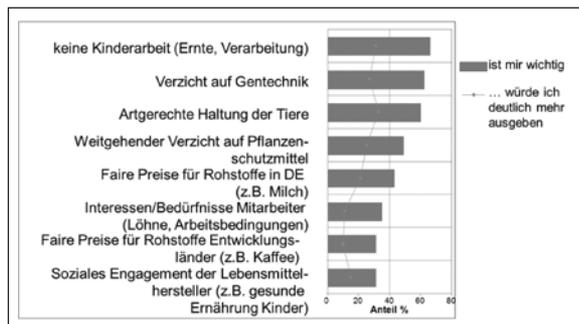


Abbildung 1: Nestle Ernährungsstudie 2011

gesamtgesellschaftliche und internationale Herausforderung zu verstehen und gleichzeitig eine nachhaltige Änderung der Ernährungsgewohnheiten sowohl in den Industrienationen als auch in den Entwicklungs- und Schwellenländern zu erreichen.

*Ressourceneffizienz – Nachhaltige Nutzung begrenzter natürlicher Ressourcen*

Das zentrale Thema im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung bleibt dabei die **Effizienz im Umgang mit den knapper werdenden natürlichen Ressourcen** wie Boden, Wasser, Energie und verschiedenen weiteren Rohstoffen (z. B. Phosphor), insbesondere vor dem Hintergrund des zunehmenden Wettbewerbs um pflanzliche Rohstoffe (Futter- und Nahrungsmittel, Energiesubstrate, industrielle Rohstoffe). Dabei ist wesentlich, dass weltweit gesehen der Flächenbedarf für die Erzeugung von Futter den für die Erzeugung von pflanzlichen Lebensmitteln für den Menschen beträchtlich übersteigt (FAO, 2006). Hochrechnungen zeigen, dass bei gleichem Intensitätsniveau die zur Verfügung stehende Ackerfläche nicht ausreichen wird, um eine entsprechende Futtermenge für die Nachfrage deckende Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft bereitstellen zu können (Flachowsky et al., 2008). Trotz der in letzten Jahren enormen Produktivitäts- und Effizienzsteigerung in der Nutztierhaltung selbst und den damit verbundenen positiven Wirkungen auf Wirtschaftlichkeit, Umwelt- und Klimaschutz ist die Ressourceneffizienz entlang

der Wertschöpfungskette ‚Futterbau – Nutztierhaltung - Ernährungsindustrie – Reststoffverwertung‘ sehr gering. Durchschnittlich sind für die Erzeugung von 1 cal. tierischen Proteins etwa 10 cal. pflanzlichen Proteins aufzuwenden. In Abhängigkeit vom betrachteten Produktionssystem liegt die Ressourceneffizienz der Wertschöpfungskette „Tierische Lebensmittel“ zwischen 2,5 und 9,0 % (s. Abb. 2). Derzeit gelangen nur ein Fünftel des aus dem Gestein abgebauten Phosphors über das Ackerland in unsere Nahrung und der Großteil des prozessierten Phosphors geht durch das fehlende bzw. begrenzte Recycling von z.B. Tiermehl, Fäkalien oder Klärschlämmen verloren. Abnehmende Wasservorräte in vielen Teilen der Welt, auch in Europa (weltweit werden 70 Prozent der Wasserentnahmen für die Bewässerung von Agrarprodukten aufgewendet), werden neben steigenden Kosten zu einer schlechteren Produktqualität oder einer geringeren Verfügbarkeit an Rohmaterialien entlang der Wertschöpfungskette führen. Weitere Schätzungen weisen darauf hin, dass heute etwa die Hälfte der Lebensmittel bereits verloren geht, bevor sie den Privathaushalt erreichen (Matern, 2009). Die Gründe dafür liegen unter anderem in der Verrottung bereits auf dem Feld und Vernichtung durch Schädlinge sowie Tierseuchen, im ineffizienten Management der Zulieferketten zum Lebensmitteleinzelhandel, Schwachstellen im Kühlkettenmanagement sowie in unzureichenden lokalen Infrastrukturen in

den Herkunftsländern Asiens, Afrikas und Südamerikas. Daher sind neue Methoden und Verfahren mit einem sehr hohen Innovationspotential mit dem Ziel zu entwickeln bzw. weiter zu entwickeln, die Effizienz im Umgang mit den natürlichen Ressourcen in allen Bereichen der Nahrungskette zu steigern („Mehr von Weniger!“, Animal Task force (2013).

Dabei geht es neben der möglichst effizienten Erzeugung der Lebensmittel zum einen um den schonenden Umgang mit den begrenzt verfügbaren Ressourcen und zum anderen um die bei Nutztieren im Zusammenhang mit der unvollständigen Umwandlung von Futter entstehenden umwelt- und klimarelevanten Ausscheidungen wie die von Methan oder die mit Harn und Kot ausgeschiedenen Elemente Phosphor und Stickstoff. Die globale Herausforderung, mehr und gleichzeitig qualitativ hochwertige, sichere Futter- und Lebensmittel unter der Berücksichtigung der Nachhaltigkeit zu produzieren, erfordert demnach Forschungsansätze und Managementstrategien, die eine Gesamtbetrachtung und Vernetzung aller Glieder und Akteure der Futter- und Lebensmittelketten im internationalen Kontext sichern. Die Qualitätswissenschaften als Querschnittsdisziplin können in diesem Zusammenhang einen wesentlichen Beitrag zu einer verantwortungsvollen und nachhaltigen Erzeugung von Lebensmitteln tierischen Ursprungs (Peterson und Nüssel, 2013).

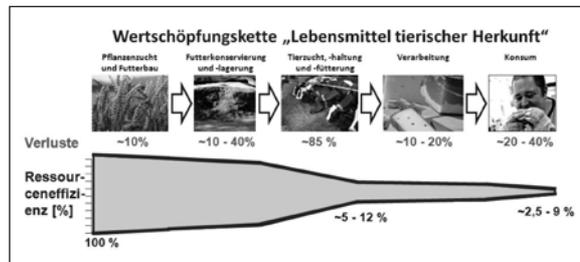


Abbildung 2: Ressourceneffizienz entlang der Wertschöpfungskette ‚Lebensmittel tierischer Herkunft‘ (Von-Bis-Angaben ergeben sich aus den unterschiedlichen Produktionssystemen).

## 1 Die Herausforderungen für die Nutztierforschung

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass eine zukünftige bedarfsgerechte und nachhaltige Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft nur durch zunehmendes Wissen über die zugrunde liegenden biologischen Vorgänge und Systeme in Verbindung mit den technischen Möglichkeiten sowie deren Wechselwirkungen im Öko- bzw. Produktionssystem unter Beachtung der gesellschaftlichen Auswirkungen möglich sein wird. In diesem Zusammenhang sind die biologischen Prozesse und Strukturen, welche im Zusammenhang mit der Merkmalsausprägung und -differenzierung der Nutztiere unter den jeweiligen

Produktions- und Umweltbedingungen stehen, von hoher Relevanz. In Bezug auf die Tierhaltung bilden eine verbesserte Futtermittelverwertung, geringere Emissionen, höhere Reproduktionsleistungen, verbunden mit Langlebigkeit, verbesserter Tiergesundheit und Anpassungsfähigkeit der Tiere, die Grundlagen für eine erhöhte ökonomische Effizienz, aber auch für eine bessere Ökobilanz (Klimaschutz) und Tiergerechtigkeit. Die nachfolgenden wissenschaftliche Themenschwerpunkte ordnen sich dem zentralen Ziel unter, neben einer in Hinsicht auf Qualität und Quantität nachfragegerechte Versorgung mit Lebensmitteln die Wertschöpfung aus biologischen Ressourcen und die gesellschaftliche Einbindung der Nutztierhaltung zu sichern und weiterzuentwickeln.

#### *Ressourceneffiziente Erhöhung der Flächenproduktivität*

Bei begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen ist von besonderer Bedeutung, dass die letztlich benötigten Flächen entscheidend von der Höhe der Pflanzenerträge und der Leistungen der Tiere und damit von der **ressourceneffizienten Erhöhung der Flächenproduktivität** abhängen. Dies impliziert, dass bei zu erwartender Flächenkonkurrenz (nachwachsende Rohstoffe, Energiepflanzen, Bioreservate etc.) die zukünftige, den Bedarf deckende Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft nur dann möglich ist, wenn es gelingt, einen höheren Flächenertrag bei der Futterproduktion und eine ressourcenschonende Leistungssteigerung in der Tierproduktion zu erreichen. Auf Grund der gegenwärtig sehr hohen Verluste entlang der Wertschöpfungskette ‚Futterbau – Nutztierhaltung – Ernährungsindustrie – Reststoffverwertung‘ besteht in der Steigerung der Ressourceneffizienz entlang dieser Wertschöpfungskette ein großes Potential der ressourceneffizienten Erhöhung der Flächenproduktivität. Dazu sind neue Methoden und Verfahren mit einem sehr hohen Innovationspotential zu entwickeln bzw. weiter zu entwickeln und unter Beachtung der unterschiedlichen regionalen bzw. territorialen Entwicklungspotentiale in die praktische Anwendung zu überführen. Einen innovativen Lösungsansatz stellt die sektorübergreifende Zusam-

menführung innovativer Konzepte aus Pflanzenbau und -züchtung, Futterlagerung und Futtermittelerzeugung (neue Futtermittelkonservierungs- bzw. -zusatzstoffe wie regionale heimische Pflanzenstoffe), Tierzucht, -haltung und -fütterung (‚precision livestock breeding‘, ‚targeted farm animal nutrition‘, ‚smart livestock farming‘) dar. Dieser Ansatz strebt an, den Futterwert von Pflanzen und die Bedarfe von Tieren genauer zu diagnostizieren, zielgerichtet entsprechende Futterpflanzen zu züchten, die Lagerverluste von Futtermitteln zu verringern, auf der Grundlage heimischer Pflanzen neuartige Futterzusatzstoffe zu schaffen, Sensoren zur Erfassung tierindividueller Indikatoren des Tierwohls und der Tiergesundheit zu entwickeln und eine möglichst bedarfsgerechte ‚individualisierte‘ Fütterung abzuleiten. Eine bedarfsgerechte Fütterung verspricht eine verbesserte Futterwirksamkeit bei gleichzeitig hoher Tiergesundheit und geringeren Umwelt- und Klimawirkungen.

Getrieben durch die enormen technologischen, methodischen und erkenntnistheoretischen Fortschritte insbesondere auf den Gebieten der ‚omics‘-Technologien, der Informations- und Kommunikationstechnologien und der bioinformatischen Datenarchivierung und -verarbeitung sind *innovative Ansätze der Phänotypisierung* (z.B. neue Sensoren, neue RFID-Technologien, Bioindikatoren) zu entwickeln. Dabei werden Ansätze des ‚deep phenotyping‘ zunehmend an Bedeutung gewinnen. Die durch die neuen technischen Möglichkeiten großflächig generierten riesigen Mengen von bereits heute verfügbaren (z.B. Infrarotspektren in der Milchleistungsprüfung oder Videoerfassung der Schlachtkörperqualität am Schlachtband) sowie von ‚neuen‘ Daten (z.B. Expressions- oder Metabolitenprofile) erfordern sowohl in Hinsicht der Datenmenge als auch der Datenarten neue Konzepte der Datenarchivierung, -aufbereitung und -nutzung. Neben der weiteren züchterischen Verbesserung der quantitativen und qualitativen Eigenschaften, der verbesserten Ausschöpfung der Leistungsveranlagung und der Zucht von Tieren mit optimaler Eignung für bestimmte Produktionssysteme kommt der Optimierung und Diversifizierung wettbewerbsfähiger stand-

ort- und bedarfsspezialisierter Produktionsverfahren Bedeutung zu.

Im Zusammenhang mit dem prognostizierten Klimawandel sind die physiologischen Anforderungen bzw. Leistungspotenziale der Nutztiere wissenschaftlich neu zu bewerten. Zu berücksichtigen sind dabei neu auftretende biotische (z.B. Krankheitserreger) und abiotischer Stressfaktoren (z.B. erhöhte Temperaturen). Durch die *Zucht von gesunden leistungsfähigen Tieren* kann ein Beitrag zur ressourcenschonenden Steigerung der Lebensmittelerzeugung geleistet werden. Gleichzeitig ist die globale Ernährungssicherung als eine fächerübergreifende, gesamtgesellschaftliche und internationale Herausforderung zu verstehen. Die künftige bedarfsgerechte und nachhaltige Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft unter den sich ändernden Bedingungen von Klimawandel und Globalisierung erfordert zwingend, die möglichen wissenschaftlichen und technologischen Beiträge der deutschen Agrarwissenschaften als integrierten Bestandteil einer notwendiger Weise weltweiten Initiative für die globale Ernährungssicherung und den Klimaschutz zu identifizieren, deren Realisierung zu fördern und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wissenschaft und Wirtschaft zu sichern.

Die wachsende globale Konkurrenz treibt die Entwicklung von effizienten, überregionalen Produktionsstrategien an. Gleichzeitig wird dies im Zusammenhang mit einem zu erwartenden Abbau politischer Schutz- und Fördermaßnahmen, wie z.B. der Schutzzölle und Subventionen, und wirksam werdender Standortvorteile (z.B. natürliche Ressourcen, wie ganzjähriges Weideland, oder soziale Bedingungen, wie niedrige Lohnniveaus und Tierschutz-Standards), essentiell zur Entwicklung zum einen von Regionalstrategien und zum anderen von Produkten im Premium- bzw. ‚health care‘-Bereich mit speziellen Haltungsverfahren, Zucht- und Vermarktungsprogrammen in der Tierproduktion sowie veränderten Anbauverfahren in der Pflanzenproduktion führen. Die *Erzeugung von innovativen Lebensmitteln* tierischer Herkunft z.B. Lebensmittel mit gesundheitsfördernden

dem Zusatznutzen (z.B. höherer Gehalt an n-3 ungesättigten Fettsäuren) oder verbesserten sensorischen Eigenschaften (z.B. Zucht zur Vermeidung des Geschlechtsgeruches im Fleisch männlicher Schweine, Eier ohne Geruchsabweichung) wird künftig eine wichtige Komponente der Gesundheitsvorsorge bzw. der Produktqualität sein und damit gleichzeitig einen bedeutenden Wirtschafts- und Wachstumsfaktor darstellen.

Bis 2050 wird sich laut Prognosen die Nachfrage nach Lebensmitteln tierischer Herkunft mehr als verdoppeln. Der Deckung dieser Nachfrage durch eine Effizienzsteigerung entlang der Wertschöpfungskette sind natürliche Grenzen gesetzt (Ertrags- und Leistungsniveaus, verfügbare Flächen). Zukünftig werden *innovative Ansätze der Nutztierhaltung* zur Reduktion der Flächenkonkurrenz zwischen Futter- und Nahrungsmittelerzeugung (z.B. ‚vertical farming‘, Germer et al., 2011) an Bedeutung gewinnen.

Neben der Nutzung von bisher nur in geringerem Umfang genutzten Tierarten stellen neue Ansätze zur *technologischen Erzeugung hochwertiger Lebensmittel in vitro* („The No-kill Carnivore“, Edelmann et al., 2005), eine strategische Alternative der Lebensmittelproduktion dar. Die in vitro-Synthese diätischer tierischer Proteine stellt die konsequente Fortführung der bisherigen genomanalytischen Arbeiten beim Nutztier dar und verbindet das generierte umfangreiche Wissen über Genetik und Ausprägung einer Vielzahl biologischer Substrate mit entwickelten biotechnologischen Verfahren wie Bioreaktor-basierte Proteinsynthese oder Stammzellkultivierung. Dabei geht es neben der Nutzung des Wissens ausgewählter Stoffwechselwege um die Anwendung zellbiologischer Verfahren zur Produktion tierischer Gewebe *in vitro* und um die gezielte *diätetische Verbesserung pflanzlicher Proteine* bzw. *Gewebe mit zum tierischen Protein vergleichbaren Aminosäurezusammensetzungen* (z.B. von ‚non-food‘-Rohstoffen, Aiking et al., 2006). So bietet die Produktion von „in vitro meat“, d.h. die Erzeugung von Muskelzellverbänden durch die Kultivierung von isolierten somatischen Stammzellen der Nutztiere, eine Alternative für eine „unblutige“ Erzeugung von Fleisch in

Regionen mit extremen, für Futterbau bzw. Tierhaltung ungeeigneten Umweltbedingungen. Züchtungen in sterilen Zellkulturen oder Bioreaktoren eignen sich besser zur industriellen Fertigung, da die Überwachung und Fernhaltung von Krankheitserregern und Giftstoffen einfacher ist.

### *Sicherung und Nutzung biologischer Vielfalt*

Vor dem Hintergrund sich ändernder und diversifizierender Verbraucheransprüche Produktionsbedingungen bildet die **biologische Vielfalt** ein wesentliches Potential für die künftige bedarfsgerechte (Qualität, Quantität) Erzeugung von biobasierten Rohstoffen. Ständig neue Lebensmittelkreationen ermöglichen den Verbrauchern/innen zwar eine große Auswahl, diese wird aber mit immer weniger Pflanzensorten und Tierrassen produziert. So werden z. B. in Deutschland 95 % der tierischen Produktion mit nur 11 der insgesamt mehreren hundert Nutztierassen erzeugt und weltweit werden mit drei Kulturpflanzen (Weizen, Reis, Mais) 50 % des Kalorienbedarfs der Menschen gedeckt. Die Folge ist, dass immer mehr Nutztiere und -pflanzen aussterben. Allein im Tierbereich sind weltweit in den letzten hundert Jahren 1.000 der anerkannten 6.400 Nutztierassen ausgestorben, 300 davon in den vergangenen 30 Jahren. Deshalb kommt neben den *Erhalt der Artenvielfalt* dem *Erhalt und der Nutzung der Sorten- und Rassenvielfalt* für notwendige züchterische Fortschritte angesichts der zukünftigen Herausforderungen (Klimawandel, veränderte Standortbedingungen) als Schutz gegen Missernten, Schädlings- und Krankheitsanfälligkeit sowie als Potential für die langfristige Deckung der global steigenden Nachfrage nach biogenen Rohstoffen eine besondere Bedeutung zu. Es ist deshalb wichtig, die noch vorhandenen genetischen Ressourcen zu erfassen und zu charakterisieren sowie Strategien zu ihrer Erhaltung zu entwickeln. Die Nutzung genetischer Ressourcen von Pflanzen und Tieren in der Züchtung ist eine der nachhaltigsten Methoden zur Erhaltung wertvoller genetischer Ressourcen für die Zukunft und die gleichzeitige Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion. Zudem können neue Arten mit Eigenschaften,

die sich für die Nutzung in der Bioökonomie eignen, die Artenvielfalt der landwirtschaftlich genutzten Arten erweitern. *Alternative Tierarten* könnten zukünftig als neue Nahrungsquellen für den Menschen eine Rolle spielen. Die Aquakultur ist momentan weltweit gesehen der am schnellsten wachsende Nahrungsmittel produzierende Sektor. Neben der Aquakultur besitzen bisher nicht oder wenig genutzte Tierarten wie z. B. Insekten (FAO, 2013) ein großes Potenzial für die Ernährungssicherung der Menschen und für die Futterversorgung der Tiere, das noch nicht genügend genutzt wird. Insgesamt sind inzwischen ca. 1.900 Insektenarten als essbar gelistet. Von besonderem Vorteil soll sein, dass z. B. insektenbasierte Lebensmittel wesentlich effizienter erzeugt werden können. So produzieren Insekten pro Kilogramm Futter 12-mal so viel Nahrung wie Rinder und 5-mal so viel wie Schweine. Darüber hinaus können variierende landwirtschaftliche Nutzungsformen wesentlich die Biodiversitätsfunktion natürlicher und naturnahe Ökosysteme beeinflussen (*Ökosystembiodiversität*). So z. B. wird im Bereich der Futterproduktion für die Milchviehhaltung die Artenvielfalt von Grünlandgesellschaften, die eine außerordentlich bedeutende Habitatfunktion für faunistische Diversität erfüllen, entscheidend durch die Landnutzung beeinflusst, denn durch Landnutzungsänderung (Grünlandumbruch) geht in erheblichem Maße genetische Vielfalt z. B. beim wichtigsten Futtergras Deutsches Weidelgras verloren. Auch in aquatischen Ökosystemen kann die Biodiversitätsfunktion durch variierende Nutzungsformen beeinflusst sein. So bieten z. B. konventionelle Teichwirtschaftssysteme neben der wirtschaftlichen Nutzung auch Lebensraum für geschützte Arten wie Rotbauchunke, Laubfrosch, Eisvogel, Ringelnatter, Fischotter und viele andere, während bei geschlossenen Kreislaufsystemen in der Aquakultur diese aquatische Ökosystemfunktion entfällt. Innovative Standort spezifische Lösungen sind notwendig, um die im Sinne eines ganzheitlichen Nachhaltigkeitsansatzes notwendigen ökologischen Dienstleistungen von natürlichen und naturnahen Ökosystemen sicherzustellen. Für den Erhalt der Biodiversität - auch außerhalb von

Agrarökosystemen - wird es bei steigendem Bedarf an biobasierten Rohstoffen darauf ankommen, durch eine ‚nachhaltige Intensivierung‘ der Produktion auf vorhandenen Agrarflächen die Flächenausdehnung der landwirtschaftlichen Produktion zu beschränken und dadurch Raum für Naturflächen zu belassen, um so die Biodiversität zu schützen und zu erhalten.

#### *Durchsetzung einer ganzheitlich nachhaltigen systemaren Nutztierhaltung*

Eine **nachhaltige Nutztierhaltung** (rentabel, tiergerecht, ressourcen-, umwelt- und klimaschonend) ist entscheidend für ihre Zukunftsfähigkeit, wobei die gesellschaftliche Akzeptanz zunehmend an Bedeutung gewinnt. Dem *ganzheitlichen Nachhaltigkeitsprinzip* folgend bilden integrative innovative Konzepte der Futtermittelerzeugung, Tierzucht, -haltung und -fütterung sowie der Informations- und Kommunikationstechnologie die Grundlage, um auf der Basis einer genaueren Diagnostik des Futterwerts von Pflanzen und der Bedarfe von Tieren, zielgerichtet entsprechende neuartige Futtermittel zu entwickeln und eine möglichst bedarfsgerechte „individualisierte“ Fütterung mit dem Effekt einer höheren Ressourceneffizienz und geringeren Emissionen abzuleiten sowie Sensoren und Biomarker zur Erfassung tierindividueller Indikatoren des Tierwohls, der Tiergesundheit, der Fruchtbarkeit und Anpassung- bzw. Leistungsfähigkeit zu generieren. Neben der weiteren züchterischen Verbesserung der quantitativen und qualitativen Eigenschaften, der verbesserten Ausschöpfung der Leistungsveranlagung und der Zucht von Tieren mit optimaler Eignung für bestimmte Produktionssysteme kommt der Optimierung und Diversifizierung wettbewerbsfähiger standort- und bedarfsspezialisierter Produktionsverfahren Bedeutung zu. Darüber hinaus wird die Vielfältigkeit alternativer Nutzungsoptionen, die Vielzahl monetärer und nicht monetärer Sekundärleistungen einzelner Landnutzungsformen und vor allem die aus Strukturereichtum und Änderung bzw. den Effekten dieser resultierende biologische Vielfalt in von Menschen genutzten Kulturlandschaften eine sektoral übergreifende Betrachtung von Wertschöpfungsketten oder

ländlicher Räume erfordern. Entsprechend des ganzheitlichen Nachhaltigkeitsgedankens sind hierfür Instrumente zu entwickeln und anzuwenden, die im Hinblick auf die erforderlichen Veränderungen geeignet sind, soziale, ökologische und ökonomische Folgen des Handelns vorherzusagen und divergierende Interessen auszugleichen. In diesem Zusammenhang sind sogenannte „neue“ Wachstumsparadigmen zu berücksichtigen, die als wichtiger Baustein einer langfristig ökologisch nachhaltigen Entwicklung aktuell intensiv diskutiert werden. Aspekte der Suffizienz beziehen sich z. B. auf material- und ressourcenschonende Lebensstile im Sinne einer nachhaltig orientierten Verhaltensforschung, die weit über den Status Quo einer angewandten Forschung des Verbraucherverhaltens hinausgehen. Aus bioökonomischer Perspektive ist dabei u. a. von Interesse, welche Konsequenzen sich aus den sich ggf. wandelnden Konsummustern und Produktpräferenzen ergeben. Neben einer Verminderung des Ressourcenverbrauchs ist die Reduzierung anthropogener Belastungen des Naturhaushalts eine wichtige Zukunftsaufgabe der Forschung.

## Fazit

Zur Sicherung des Beitrages der deutschen Nutztierhaltung zur Deckung des steigenden Bedarfs an Nahrungsmitteln und Industrierohstoffen tierischer Herkunft unter Berücksichtigung der Forderungen der Bevölkerung in Bezug auf Produktionsmethoden, Umweltwirkungen und Tierwohl lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Die weltweit steigende Nachfrage nach Lebensmitteln tierischer Herkunft stellt auch für die hochentwickelte, leistungsfähige deutsche Nutztierhaltung einen möglichen Wachstumsmarkt dar.
- Die zukünftige Erzeugung von Lebensmitteln tierischen Ursprungs wird zwingend Tiergesundheit und Wohlbefinden als Bindeglied von Tierschutz und gesundheitlichen Verbraucherschutz und maßgebliches Leitbild der tierischen Produktion erfordern.
- Die Effizienz im Umgang mit den knapper werdenden natürlichen Ressourcen wie Boden, Wasser, Energie und verschiedenen weiteren Rohstoffen entlang der Wertschöpfungskette ‚Futterbau – Nutztierhaltung – Ernährungsindustrie – Reststoffverwertung‘ ist in sektorübergreifenden Ansätzen zu fördern.
- Stabile förder- und ordnungspolitische Rahmenbedingungen sind wichtige Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit der Nutztierhaltung.

## Literatur

Aiking, H., de Boer, J. and J. Vereijken (2006): Sustainable protein production and consumption: Pigs or peas? In: Environment & Policy, vol. 45, Springer Dordrecht.

Animal Task force (2013). Research & innovation for a sustainable livestock sector in Europe—Suggested priorities for support under Horizon 2020 to enhance innovation and sustainability in the animal production sector of Europe’s food supply chains. An Animal Task Force white paper. <http://www.animaltaskforce.eu>.

BMBF (2010). „Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 - Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft“. Hrsg.: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Referat Bioökonomie, Bonn/Berlin, November 2010 (<http://www.bmbf.de>).

BMVEL (2013). „Politikstrategie Bioökonomie – Wachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie“. Hrsg.: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Referat Strategie und Koordinierung, Berlin, Juli 2013 (<http://bmelv.de/Publikationen>).

Charta für Landwirtschaft und Verbraucher (2012). [http://www.bmelv.de/DE/Ministerium/Charta-Diskussion/charta\\_node.html](http://www.bmelv.de/DE/Ministerium/Charta-Diskussion/charta_node.html); BMELV – Januar 2012

Deutsche Agrarforschungsallianz (2012). Fachforum Nutztiere. Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft – gemeinsam für eine bessere Tierhaltung, Strategie der DAFA, DAFA – 21.05.2012.

Edelmann, P. D. et al. (2005). Commentary: In Vitro-Cultured Meat Production. Tissue Engineering 11 (5–6): 659–662.

FAO (2006). World agriculture: towards 2030/2050. Interim Report. Global Perspective Studies Unit, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.

FAO (2013). Edible insects—Future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome, 2013 (ISSN 0258-6150).

Flachowsky, G., S. Dänicke, P. Lebziens, U. Meyer (2008): Mehr Milch und Fleisch für die Welt – Wie ist das zu schaffen? ForschungsReport 2/2008, 14–17.

Germer, J., J. Sauerborn, F. Asch, J. de Boer, J. Schreiber, G. Weber, J. Müller (2011). Skyfarming an ecological innovation to enhance global food security. J. Verbr. Lebensm. 6: 237–251.

Matern, J. (2009): Global Supply Chain – Safe Food. Symposium “Herausforderungen 2011” des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Berlin, 25./26. November 2009.

Petersen, B. und M. Nüssel, (2013): Qualitätsmanagement in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Symposium Verlag Düsseldorf

Schwerin, M., Balmann, A., Baum, M., et al. (2010). Herausforderungen für eine zukunftsfähige Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft. BioÖkonomieRat: <http://www.biooekonomierat.de>.

## Diskussion



BAHRS, HOHENHEIM

Vielen Dank Herr Schwerin für die umfassende Darstellung der Probleme von morgen in der Tierhaltung. Ich würde das ganz gerne um eine Nuance erweitern. Sie haben das schon dargestellt, aber ich möchte es noch exemplifizieren. Wir haben bei uns am Institut eine Befragung von annähernd 1.000 Landwirten gemacht, insbesondere bei Nutztierhaltenden Landwirten, und wir haben sie mit folgender Frage konfrontiert: Was meinen Sie, welchen gesellschaftlichen Nutzen erbringen Landwirte mit dem Neubau oder der Erweiterung eines Stalles für ihre Umgebung. Wir haben dann einen Katalog von 10 Antwortoptionen vorgelesen, die nenne ich ihnen jetzt auch. 1) Weniger Luft- und Geruchsemission, 2) verbesserter Wasserschutz, 3) geringere Lärmemission, 4) erhöhtes Tierwohl, 5) Landschaftsverschönerung, 6) mehr Arbeitsplätze, 7) mehr Steuern – respektive Kommunalsteuern, 8) mehr Freundschaft, 9) sonstiges – wie zum Beispiel Ernährungssicherung etc., 10) Neubau oder Erweiterung erbringen keinen höheren Nutzen für Nachbarn, Dorf oder Stadt. Die Landwirte sollten selbst darauf antworten. Das sind jetzt keine Fragen, die wir den gesellschaftlichen Nutzern drum herum gestellt haben, sondern den Landwirten selbst und der allergrößte Anteil von ihnen hat Nummer 10 geantwortet. Das heißt, den Landwirten selbst ist das schon bewusst, wir erbringen keinen Nutzen, der von meinem Umfeld wahrgenommen wird. Ich sehe das als ganz große Herausforderung, dass genau

dieser Nutzen kommuniziert wird, aber dann muss der ja auch erst einmal da sein. Bestenfalls bedeutet das, dass die umgebenden Nutzer indifferent sind, was diesen Neubau oder die Erweiterung des Stalls anbetrifft. Das ist dann „bestcase“ Fall. Ihre Bilder haben gezeigt, dass das nicht immer als bestcase im Sinne der Indifferenz wahrgenommen wird. Das nur als Ergänzung.

WINDISCH, FREISING

Es ist mir aufgefallen bei ihrer Präsentation in der Energieverwertung. Sie haben gesagt, dass im Bereich der Fütterung der Nutztiere der größte Schwund und der größte Verlust an Energie und Nährstoffen stattfinden. Können sie das einmal kommentieren und sagen, was kann man denn machen?

ANTWORT

Wir haben gestern schon andiskutiert, dass das Gros der Pflanzen eben nicht verdaut wird, sondern wieder ausgeschieden wird. Wir haben etwa eine Konversion von 10 bis 15 %, das hängt natürlich von den Tieren ab. Es ist interessant, sie haben die Mehlwürmer angesprochen. Wir haben hier an der Stelle 30 %. Die machen aus den gleichen Pflanzenteilen 30 % mehr Protein als das Rind oder das Schwein. Hier geht es einfach um die Verdaulichkeit der entsprechend zugeführten Nahrung.

WINDISCH, FREISING

Da kann man aber viel machen, z. B. Futterwahl, die Qualität der Biomasse an die Verdauungsleistung anpassen, Zusatzstoffe oder neue Transformatoren mit anderen Potentialen.

KNEIFEL, WIEN

Es ist sehr interessant, diese Ausführungen. Vielen Dank für den schönen Überblick. Es gab in den letzten drei Jahren ein EU-Projekt „Like Meat“, das auch in Deutschland koordiniert wurde und das auch im vorigen Jahr mit einem Preis ausgezeichnet wurde. Hier ging es darum, alternative Proteinquellen zu erschließen, die auch dem Konsumenten den Geschmack des Fleisches mehr oder weniger vermitteln. Wie kommuniziert man das oder welche Strategien geht man an, um das richtig zu kommunizieren für den Konsumenten, dass das auch angenommen wird?

ANTWORT

Da bin ich aus Zeitgründen nicht mehr drauf eingegangen. Ich denke, dass ist eine der großen Herausforderungen und damit befassen sich aber jetzt ganze Institute, wie jetzt ein Konsumverhalten, das ja nicht rational ist, also Konsumentenverhalten funktioniert nicht nach rationalen Gesichtspunkten. Trotzdem bleibt, eine gewisse Ratio reinzusetzen. Es ist ein weiteres, vom BMBF gefördertes Programm, das aufgelegt wurde. Ich denke, dass wir hier den Konsumenten nur gewinnen können, wo er aus rationalen Gesichtspunkten seine Kaufentscheidung trifft, nämlich am Geldbeutel. Wenn entsprechende Angebote entwickelt werden für solche Nahrungsmittel „Like Meat“, dass man bestimmte Pflanzen, Inhaltsstoffe, Proteine so modifiziert, dass sie von der Qualität und vom Geschmack dem Fleisch nahe kommen. Hier kann man vieles über entsprechende Preisgestaltung machen, wobei ich auch eine weitere Problematik sehe. Das sind alles visionäre Vorstellungen. Es sind aber viele andere Dinge dabei zu berücksichtigen. Die meisten von ihnen werden den In-Vitro-Burger in den Medien verfolgt haben. Eine Gruppe von Holländern und Engländer haben Fleischmuskelzellverbände in

Kultur wachsen lassen und haben daraus einen Burger gemacht, der sehr medienwirksam vor Kamera verzehrt wurde. Ich habe in den nächsten Tagen einen Anruf vom BMBF, Dr. van Liempt, gehabt. Wir waren gerade in einer Vorbereitungsphase, eine Diskussion über Zukunftsprogramme, Förderung im Bereich BMBF Nutztier. Warum macht ihr nicht so etwas? Ich habe ihn nur auf eine Problematik hingewiesen. Ich hatte mir das am Abend vorher auch schon angesehen, aber nicht weil ich seinen Anruf erwartet habe, sondern weil mich das einfach interessiert hat als Molekular-Biologe. Wir haben eine Problematik der Antibiotika in der Bevölkerung. Dieses Stück In-Vitro-Fleisch wächst sein ganzes Leben in der Zellkultur mit einer Antibiotikabelastung, die etwa 2 1/2 bis 5.000 Mal höher ist als ein Tier im Falle seiner Krankheit appliziert bekommt. Da war Herr van Liempt sofort etwas ruhig. Ich finde das gut, dass wir solche innovativen Ansätze machen, aber ich denke, wir müssen für alle solche innovativen Ansätze die gleichen, auch ethischen und Nachfolgeuntersuchungen zugrunde legen, wie wir es auch für die normalen Nahrungsmittel machen.

WINDISCH, FREISING

Es wird ja die tierische Erzeugung immer mit Fleisch in Verbindung gebracht. Es redet niemand von Milch und von Eiern oder sonstigen Proteinen, die vielleicht künstlich erzeugt werden. Es ist immer dieses Reduzieren nur auf das Fleisch.

KALM, KIEL

Es wurde darauf hingewiesen, wir sollten genetische Vielfalt nutzen. Ich habe im Nachhinein, nachdem ich 30 Jahre Tierzuchtprofessor war, darüber nachgedacht, dass wir sicher einige Fehler bei der Erhaltung der genetischen Vielfalt gemacht haben. Da sind uns die Pflanzenleute doch überlegen. Die können ihre Pflanzen in ganz bestimmten Bereichen Umwelten lagern und wir haben bei unseren Rassen lebende Tiere, Sperma, Embryonen. Einige Rassen wurden erhalten, wie z.B. Vorderwälder, Hinterwälder, wir haben das Rotvieh irgendwo konserviert –

aber viele Rassen sind etwas vernachlässigt worden. Wenn ich an die Anglersattelschweine denke, es gab von den Anglern sehr fruchtbare Mutterlinien bei einigen Zuchtunternehmen, aber dann wurde entschieden, dass wir darauf verzichten. Alle können zur Schlachtung. Da sind eventuell schon Gene verloren gegangen. Können wir da noch in irgendeiner Form Hilfestellung leisten oder wie würdest du das interpretieren?

ANTWORT

Ich kann Prof. Kalm als Tierzüchter beruhigen. Er hat in seinem wissenschaftlichen Leben keine Fehler gemacht. Wir wissen aus Untersuchungen bei Menschen, dass zum Beispiel das Wachstum durch insgesamt über 230 Gene beeinflusst wird. Wenn jetzt ein Tierzüchter, wie er das bis jetzt gemacht hat, auf den Phänotyp selektiert hat, dann hat er nicht auf 230 Gene selektiert, sondern auf einer ganz geringen Anzahl, auf Genkombinationen, die den gleichen Phänotyp im Effekt gehabt haben. Das heißt, der Züchter hat durch die Phänotypselektion genetisch die Vielfalt erhalten. Dies zum Phänotyp. Anders wird es bei der genomischen Selektion, wenn wir in die Lage versetzt werden, auf 3,5 Milliarden Einzel-DNA-Moleküle zu selektieren. Hier müssen begleitend Konzepte entwickelt werden, um diese genetische Variabilität tatsächlich in der Population zu erhalten.

WIEDEMANN, KIEL

Ich verfolge auch innovative Ansätze, insbesondere was die Krankheitsresistenz angeht. Was ich auch weiterhin verfolge – und eigentlich auch ein bisschen kritisch verfolge – ist, dass durch die zunehmende Urbanisierung bestimmte Gruppen die Mehrheit noch nicht erlangt haben, aber gegebenenfalls irgendwann mal die Mehrheit erlangen, die das Recht, Tiere zu töten, generell in Frage stellen, so dass wir uns jetzt mit bestimmten Dingen gar nicht mehr auseinandersetzen wollen/müssen. Sobald bestimmte Gruppen die Mehrheit haben, ist mit keiner Toleranz mehr zu rechnen. Da würde ich gern von ihnen hören, wie sie das sehen, weil ich das zunehmend kritisch sehe.

ANTWORT

Das ist genau mein Credo. Wir können diese Gruppen nicht rechts liegen lassen. Wir müssen sie in diesen gesellschaftlichen Diskussionsprozess einbeziehen. Es hat ja mit der Charta für Landwirtschaft und Verbraucher einen ersten Aufschlag gegeben. Natürlich muss auch hier das demokratische Grundprinzip angewendet werden. Man wird nicht auch aufgrund der unterschiedlichen Ziele, die die verschiedenen Gruppen haben, alle Ziele in gleicher Art und Weise berücksichtigen können. Ansonsten entscheiden wir uns gegen eine Nutztierhaltung in Deutschland. Das muss man so sagen. Da bin ich aber, was die Regale in den Supermärkten betrifft, habe ich keine Sorge, die werden weiterhin voll sein. Da werden unsere Kollegen in Holland und Dänemark dafür sorgen, Österreich auch. Wir werden wenig Wertschöpfung mehr in den ländlichen Räumen haben und wir werden dadurch eine Massenveränderung, eine Verödung der ländlichen Räume haben. An dieser Stelle erhoffe ich, dass in diesem gesellschaftlichen Dialogprozess eine gewisse gegenseitige Information und auch Akzeptanz über gesellschaftliche Phänomene stattfindet. Das gilt ja nicht nur für die Nutztierhaltung, dass sie nachhaltig wirtschaften sollen, sondern das gilt auch für jeden einzelnen. Wir haben das auf die Krankheiten bezogen, One World, One Health. Wir reden heute ja auch über Nutztier und Mensch und wissen, dass 60 % der Krankheitserreger, die beim Menschen sind, vom Nutztier kommen. Oder? Wir haben hier eine sehr globalisierte Welt. Sie können mich korrigieren. Ich glaube, der Erreger für die Schweinepest hat es geschafft, in sechs Tagen einmal um die Welt zu gehen. Der braucht latent drei Wochen. In dieser Latenz-Zeit ist er einmal um die Welt gewandert. Wir haben also eine völlig andere Welt und wir müssen uns auf diese anderen Bedingungen einstellen, auch durch die gesellschaftlichen Kräfte. Wir können uns an der Stelle bestimmten Argumenten nicht verschließen. Ich weiß, dass ich dies jetzt predige, aber es gibt auch dort keine Alternative. Wir brauchen Konsens.

SUSENBETH, KIEL

Eine kurze Anmerkung. Sie hatten den Begriff „nachhaltige Intensivierung“ angesprochen und gesagt er ist verbrannt. Ich würde aber trotzdem sehr dafür plädieren, diesen Begriff beizubehalten. Er hat ein Provokationspotential, aber das ist gerade gut und vor allem, er ist richtig. Schafft die Verbindung zwischen der intensiven Produktion und dem Nachhaltigkeitsaspekt, denn beides müssen wir zusammenhalten. Zweiter Punkt, warum wir es zusammenhalten sollten, ist: Auch diejenigen, die sich auf die ökologische Schiene begeben, müssen sich dem Begriff „Intensivierung“ stellen. Es ist was für die Pflanzenproduktion, um sie als intensiv zu betrachten, einerseits Stickstoff intensiv andererseits der ökologische Landbau, der extensive Landbau ist flächenintensiv. Er braucht viel Fläche und deshalb dürfen wir die anderen Alternativen in dieser Sache nicht entlasten, sondern müssen jede Produktion zur Frage mit den Ressourcen, die sie verbrauchen, kritisch überprüfen und dann sollten wir an diesen Provokationen „Intensivierung“ festhalten. Das ist sehr wichtig, denn sie wissen, die Begriffsdefinition in der öffentlichen Diskussion ist sehr wichtig. Das ist nicht nur ein Nebenaspekt und wir sollten ihn nicht nur ersetzen durch einen schwierigen Begriff, den man fünf Mal bedenken muss, damit man weiß, was damit gemeint ist. Ich würde für diese Beibehaltung sehr plädieren.

ANTWORT

Ich glaube, wir liegen gar nicht weit voneinander, Herr Susenbeth. Ich habe übrigens nichts gegen den Begriff „nachhaltige Intensivierung“ ausgesprochen, sondern gegen den Begriff „ökologische Intensivierung“.

Nachhaltigkeit ist eigentlich auch mein Credo. Wir bedürfen des Umsetzens eines ganzheitlichen Nachhaltigkeitsgedankens und da ist die Ökologie ein Part davon. Aber sich nur die Ökologie herauszunehmen und zu sagen, wir machen Intensivierung, um eine ökologische Funktion damit zu erfüllen, halte ich für zu kurz gedacht.

SPIEKERS, GRUB

Sie hatten die Ressourceneffizienz ja angesprochen und hatten diese schöne Grafik mit den verschiedenen Verlustgrößen und hatten auch den Punkt der Verluste vom Feld bis zum Trog angesprochen mit 10 bis 40 % und hatten dann die Bemerkung, dass das eigentlich nur für die Drittländer zutrifft. Ich bin der Auffassung, das ist gerade bei uns ein Problem. Wir gehen davon aus, dass in den Futterbaubetrieben, den milchviehhaltenden Betrieben, bis zum Trog die Verluste von 20 bis 50 % schwanken. Und hier 10-%-Punkte reinzuholen wäre eine riesige Aufgabe für die Zukunft. Das ist möglich. Voraussetzung ist natürlich, dass man mißt, was man tut und dazu müsste man messen. Da sollten wir vielleicht insgesamt als Zukunftsaufgabe auch mit dem Bereich der Verfahrenstechnik arbeiten, denn das würde ökologisch was bringen.

ANTWORT

Vielen Dank für die Ergänzung oder für die Korrektur. Ich habe mich hier auf Literaturdaten bezogen, die für den mitteleuropäischen Raum 10 bis 15 % angegeben haben und für den afrikanischen Raum bis zu 40 % Lagerverluste bei Futtermitteln, wenn wir hier 50 % haben.

SPIEKERS

Diese geringen Prozentänderungen der Effizienz machen dann im Endeffekt der produzierten Lebensmittel unglaublich viel aus.

ANTWORT

Die Herausforderung ist, dass wir entlang der gesamten Wertschöpfungskette die Potentiale, die wir dort haben und Reserven, die wir dort haben, ausschöpfen müssen.

BREVES, HANNOVER

Ich möchte noch einmal auf die beiden Faktoren eingehen, die du genannt hast im Zusammenhang mit der Optimierung der Haltung, einerseits Fütterungssysteme, andererseits genetische Hintergründe der

Tiere. Wenn wir innerhalb der letzten 30 Jahre die Arbeit des Bedarfsnormenausschusses der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie nehmen und das ist nicht nur national, sondern das trifft ja auch international zu, ist ja eine immense Arbeit geleistet worden, hier wirklich eine Optimierung zu erzielen. Ich glaube, die Fortschritte, die wir da noch erwarten dürfen, halten sich auf der jetzigen Grundlage eher in Grenzen. Wo würdest du wirklich Möglichkeiten sehen zu dem Stichwort, was du ja selbst gebraucht hast „alternative Tierarten“? Ich denke jetzt nicht an Mehlwürmer, ich denke an die bestehenden Tiere, die wir als landwirtschaftliche Nutztiere bezeichnen. Bei welchen Parametern würdest du Ansätze sehen, wo über die Genetik letztendlich hier noch eine Optimierung zu erzielen ist? Anmerkung zum Stichwort, was eben schon diskutiert wurde: Nutzung der biologischen Diversität. Wir haben mal ein größeres Projekt gemacht mit der Universität Göttingen, in dem wir bodenständige Schweinerassen verglichen haben mit den Gebrauchskreuzungen im Hinblick auf die Kapazität zur Faserverdauung. Unsere Überlegung war, dass die bodenständigen Rassen hier große Vorteile haben. Wir haben genau das Gegenteil herausgefunden. Die Gebrauchskreuzungen hatten eine höhere Kapazität zur Faserverdauung. Da muss man sehr vorsichtig sein, was man da eigentlich von bestimmten genetischen diversen Linien wirklich erwarten kann.

#### ANTWORT

Was die Ressourceneffizienz betrifft, das habe ich nicht erwähnt, aber dass wir heute sagen können, dass wir über eine hochproduktive Nutztierhaltung verfügen, liegt mit daran, dass wir im Bereich der Fütterung, der Tierernährung diese Riesenfortschritte in den vergangenen Jahren parallel vorgenommen haben, wie im Bereich der Züchtung. Ich glaube, in diesem Wechselspiel Züchtung und entsprechende Tierfütterung lag die Versorgung, die Basis für den Erfolg unserer Nutztierhaltung in Mitteleuropa. Ich sehe dennoch dort Reserven. Prof. Breves hat darauf hingewiesen auf die Bedarfsnormen, aber er hat nicht gesagt, dass die Bedarfsnormen sehr gut waren, aber

im Prinzip die Hochleistung der Kühe nicht erklären kann. Korrigiere mich bitte. Wir brauchen auch hier eine weitere Aktualisierung und Anpassung. Wir haben offensichtlich in den vergangenen 20–25 Jahren im Bereich der Zucht einen deutlichen Zuchtfortschritt erreicht, der durch die bestehenden Futterbewertungssysteme nicht hinreichend oder nicht in dem Größenbereich der Leistung jenseits von 12.000 l tatsächlich erfasst wird.

#### SUSENBETH, KIEL

Es wurde die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie genannt, insbesondere der Ausschuss. Sie sagen hohe Leistung, das ist sehr wohl richtig. Die Versorgungsempfehlungen basieren auf Untersuchungen, die 30–40 Jahre alt sind. Dann sagt man natürlich, möglicherweise, aber zu Unrecht. Wir haben hier 40-bis 50-Liter-Kühe. Ich muss zunächst mal festhalten, die Bedarfsnormen gelten auch für diese 50-Liter-Kühe. Sie sind extrapolierbar und jetzt kommt ein ganz wichtiger Punkt hinzu, weil wir auch immer über die Züchtung diskutieren, bessere Verwertung der Energie und der Nährstoffe. Die **Züchtung** hat hierauf **keinen** Einfluss. Das ist eine sehr harte Aussage. Es geht nicht durch Züchtungsmaßnahmen, die Effizienz von irgendeinem Nährstoff zu verbessern. Natürlich, der Gesamtaufwand wird reduziert und die Leistung steigt. Der Anteil des Erhaltungsbedarfs sinkt. Weitere Effizienzen sind natürlich indirekt vorhanden, wenn ich die Nutzungsdauer vergrößere, die Aufzuchtkosten verrechne, aber die Verwertung der Energie und für den Nährstoff und die Milchbildung ist durch Züchtung nicht beeinflussbar. Das hat sich auch nicht geändert. Zwischen den verschiedenen Wiederkäuerarten, Milchrind, Schaf, Fleischrind nicht verschieden. Die Effizienz der Verwertung ist nicht zu verändern durch die Gesamteffizienz auf den Gesamtaufwand bezogen und dann kommt wieder das Leistungs-niveau, die Verluste usw. Es ist ganz wichtig, darauf hinzuweisen, dass wir im eigentlichen Sinne durch Züchtungsmaßnahmen die Effizienz nicht verändern können, die biochemischen Prozesse in der Zelle.

#### ANTWORT

Die biochemischen Prozesse in der Zelle. Da bin ich natürlich voll bei ihnen, als Biologe, der Züchter sein darf, sehe ich natürlich vor allen Dingen die Gesamtprozesse und insofern sage ich, die Verdaulichkeit insgesamt, dass man aus einem Molekül so nicht mehr rausholen kann. Das weiß ich, noch irgendwie vom Studium.

#### KRUSE, BERLIN

Ich wollte nur eine Ankündigung machen. Wir werden im November einen Workshop durchführen, wo wir uns mit dem Beitrag der Tierernährung, zur Tiergesundheit und Tierwohl beschäftigen werden und ich hoffe, dass einige von ihnen auch daran teilnehmen. Ich sage immer zu meinen Kollegen, die sich sehr intensiv mit Tierschutz beschäftigen und mit Schnabelkürzen und Kastration, für mich fängt Tierwohlsein im Pansen an.

#### WINDISCH, FREISING

Natürlich kommt es auf die Betrachtung der Teilprozesse und der Teilschritte an, aber man darf bei diesen einzelnen Segmentfortschritten nicht die gesamte Prozesskette außer Acht lassen. Man muss die Gesamtheit betrachten, und das ist letztendlich der Punkt, an dem der Erfolg der Nutztierhaltung evaluiert wird.

# Innovation Kaskadennutzung von Biomasse: effiziente Ansätze zur stofflichen und energetischen Nutzung



## Einleitung

In Europa werden knapp 20 % des technisch verfügbaren Potenzials an Biomasse energetisch genutzt, weltweit bereits 40 %, in Asien wird derzeit sogar mehr genutzt als nachhaltig verfügbar ist (Kaltschmitt et al. 2009). Dadurch und durch den prognostizierten weiteren Bedarfsanstieg ergibt sich eine Konkurrenzsituation zwischen stofflicher und energetischer Nutzung, die derzeit einerseits zwischen Lebens- und Futtermittelsektor und der Treibstoffproduktion aus agrarischen Rohstoffen und andererseits zwischen Papier- und Zellstoff sowie Sägeindustrie und Kraft-Wärme-Kopplungsbetreibern im Bereich des Rohstoffes Holz zum Ausdruck kommt. Es gilt daher, verantwortungsbewusst im Sinne einer sozial verträglichen Grundversorgung der Bevölkerung und dazu möglichst effizient mit den knappen nachwachsenden Rohstoffen umzugehen. Eine Kaskadennutzung nachwachsender Rohstoffe ist die logische Konsequenz aus dieser Anforderung. Das Wuppertal-Institut identifiziert unter anderem folgende Anforderungen an kaskadische Nutzungssysteme für nachwachsende Rohstoffe (Arnold et al. 2009):

- Die Biomasse muss nachhaltig produziert werden (ökologisch und sozial verträglich).
- Die Lebensmittelversorgung muss sichergestellt sein.
- Die Verarbeitungs- und Umwandelungsschritte müssen effizient sein.
- Eine wiederholte stoffliche Nutzung erfolgt vor der abschließenden energetischen Nutzung.

Eine intelligente Kaskadennutzung entlang einer Wertschöpfungskette, die von stofflicher Nutzung über energetische Nutzung hin zur Bodenverbesserung führt, so die Hypothese zu diesem Beitrag, kann die Konfliktpotenziale zwischen den Interessensgruppen abbauen und den gesamtwirtschaftlichen Nutzen verbessern. Werden die Rückstände einer abschließenden energetischen Nutzung zur Bodenverbesserung eingesetzt, ergibt sich ein geschlossener Kreislauf gemäß Abbildung 1.

## Verfahren der energetischen Nutzung

Während die Verfahren zur stofflichen Nutzung von Biomasse auf die jeweiligen Produkte ausgerichtet sind, richtet sich die energetische Nutzung technologisch am zur Verfügung stehenden Einsatzstoff aus. Dieser Beitrag beschränkt sich auf die Diskussion möglicher energetischer Nutzungskonzepte. Hier zeigt die Praxis, dass sich für bestimmte Arten

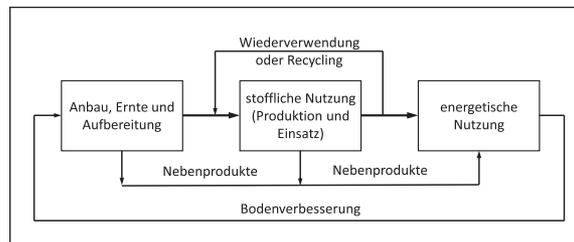


Abbildung 1: Kaskadische Nutzung nachwachsender Rohstoffe inklusive Bodenverbesserung

von Biomasse entweder thermische oder biologische Verfahren zur energetischen Nutzung etabliert haben (Tabelle 1). Für schwierig zu behandelnde Substrate wie Stroh, Klärschlamm und Substrate tierischen Ursprungs werden aus verschiedenen Gründen sowohl thermische als auch biologische Verfahren eingesetzt.

Thermische Umwandlung	Thermisch oder biologisch	Biologische Umwandlung
Holz Rinde Schwarzlaube Altholz Hausmüll	Stroh Klärschlamm Tierische Nebenprodukte	Zucker- und stärkehaltige Pflanzen Ölsaaten Gülle Biomüll

*Tabelle 1:* Thermische versus biologische Umwandlungsverfahren zur energetischen Nutzung typischer nachwachsender Roh- und Reststoffe

Bei den thermischen Umwandlungsverfahren dominiert in der Praxis die Verbrennung. Hierbei wird mit Kesselwirkungsgraden von rund 90 % (Basis Heizwert) Wärme erzeugt, die entweder direkt als Nutzenergie oder zur Bereitstellung elektrischer Energie verwendet werden kann. Die elektrischen Wirkungsgrade von Biomassekraftwerken liegen je nach Anlagengröße und Technologie zwischen 10 und 35 %. Eine gekoppelte Nutzung von Wärme und elektrischer Energie (Kraft-Wärme-Kopplung) erreicht im Vergleich zu reinen Kraftwerken hohe Gesamtenergieausnutzungsgrade und eine verbesserte Exergie-Effizienz gegenüber reinen Heizwerken. Solche Anlagen sind in der Praxis durch die örtliche Wärmenachfrage limitiert und sollten stets in Abstimmung mit Wärmeabnehmern errichtet werden.

Eine wesentliche technologische Herausforderung für Verbrennungsanlagen sind die schlechten Eigenschaften von kalium- und chlorhaltigen Substraten in Bezug auf das Ascheschmelzverhalten. Dazu zählen die meisten landwirtschaftlich produzierten Stoffe wie beispielsweise Stroh. Klärschlamm zeigt kein Ascheschmelzproblem, allerdings ist die für eine Energiebereitstellung notwendige Trocknung ihrer-

seits energieaufwändig. Es wird deswegen auf biologische Verfahren ausgewichen (Schlammfäulung) bzw. werden Verfahren untersucht, die eine biologische Umwandlung ermöglichen (z. B. Steam-Explosion-Aufschluss von Stroh für anaerobe Fermentation). Neben der Verbrennung werden weitere thermische Umwandlungsverfahren eingesetzt oder untersucht, die im Zusammenhang mit einer Kaskadennutzung Vorteile aufweisen.

Bei Dampf- und/oder Sauerstoffvergasungsverfahren wird die Biomasse in ein Synthesegas umgewandelt, welches entweder energetisch genutzt (Strom und Wärme) oder als Einsatzstoff für technische Synthesen dienen kann (Fürnsinn 2007). Die Produkte können hochwertige Energieträger oder chemische Grundstoffe sein. Die Qualitätsanforderungen an die Einsatzstoffe sind bei solchen Gaserzeugungsverfahren höher als bei Verbrennungsanlagen. Bei nachgeschalteten Synthesen ist eine praktisch vollständige Abscheidung von Schwefelverbindungen erforderlich. Heizwertbasierte Wirkungsgrade für die Umwandlung zu Fischer-Tropsch-Kraftstoff werden für Großanlagen mit rund 50 % prognostiziert (Fürnsinn 2007). Die beim Gaserzeugungsprozess und bei den meist exothermen Synthesereaktionen anfallende Wärme sollte im Sinne einer optimierten Umwandlungskette als Nutzwärme an geeignete Verbraucher abgegeben werden. Fürnsinn (2007) zeigt, dass ein sogenannter Polygeneration-Ansatz, in dem flexibel entweder elektrische Energie oder synthetische Energieträger bereitgestellt werden, vorteilhaft gegenüber einer reinen Strom- oder Kraftstoffproduktion ist.

Eine weitere Möglichkeit der thermischen Umwandlung ist die Niedertemperatur-Pyrolyse. Dieses Verfahren liefert brennbares Gas, eine kondensierbare Fraktion (Pyrolyseöl) und eine kohlenstoffreiche Festfraktion (Pyrolysekoks). Der Vorteil der Pyrolyseverfahren bei 550–650 °C ist, dass die problematischen Aschekomponenten in der Koksfraktion verbleiben während die flüchtigen Produkte ausgezeichnete Verbrennungseigenschaften aufweisen. Damit ist die Möglichkeit gegeben, landwirtschaftliche Substrate wie Stroh in thermischen Verfahren umzusetzen. Eine

solche Anlage wird später im ersten Fallbeispiel dieses Beitrags noch im Detail beschrieben.

Weitere thermische Verfahren wie Torrefizierung und hydrothermale Karbonisierung dienen primär der Qualitätssteigerung organischer Substrate.

Die dominierenden biologischen Umwandlungsverfahren im energietechnischen Sinn sind die alkoholische Gärung (Bioethanol) und die anaerobe Fermentation (Biogas, Faulgas). Derzeit werden zusätzlich zahlreiche Verfahren untersucht, die einen Aufschluss verschiedener Substrate für einen nachfolgenden Einsatz in biologischen Umwandlungsverfahren erlauben. Die Diskussion der biologischen Verfahren würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen. Aus energietechnischer Sicht ist anzumerken, dass im Bereich der biologischen Verfahren selbst eine Kaskadennutzung der Einsatzstoffe möglich und anzustreben ist. Als letzter Schritt in dieser Prozesskette steht jeweils die anaerobe Fermentation, bei der ein Gasgemisch entsteht, welches im Wesentlichen aus Methan und Kohlendioxid besteht und damit einen hochwertigen Energieträger darstellt. Im zweiten Fallbeispiel dieses Beitrages wird die Nutzung tierischer Nebenprodukte in einer Biogasanlage zur Versorgung eines Produktionsbetriebes mit Strom und Wärme betrachtet.

### Fallbeispiel Strohpolyolyse

Mit dem Ziel, eine Möglichkeit zu untersuchen, Stroh in einem konventionellen Kohlestaubkessel zuzufeuern wurde 2008 in Dürnrrohr/Österreich eine 3 MWth Pilotanlage eines Niedertemperatur-Drehrohrpyrolyseprozesses für Stroh als Einsatzstoff errichtet (Halwachs et al. 2009, Kern et al. 2012). Eine großtechnische Anlage ähnlicher Konzeption ist für Hausmüll und Klärschlamm als Einsatzstoffe seit den 1980-er Jahren in Burgau bei Günzburg in Betrieb. Auch beim Kraftwerk Hamm in Nordrheinwestfalen war zwischen 2001 und 2009 eine Drehrohrpyrolyseanlage für Müll in Betrieb. Dabei wird die Pyrolysetrommel indirekt von heißen Abgasen beheizt, die aus der Verbrennung der gasförmigen Pyrolyseprodukte stammen. Allerdings wird nur ein Teil der

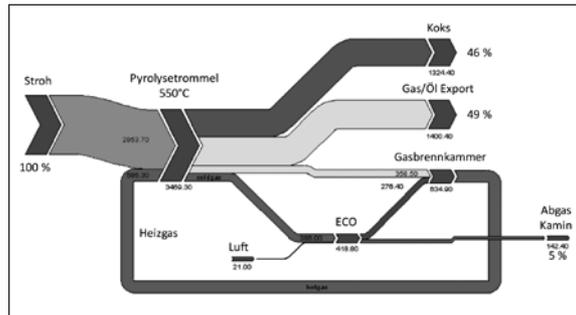


Abbildung 2: Energieströme (Basis Heizwert) bei energieautarker Strohpolyolyse (Kern 2010).

Energie der Pyrolyseprodukte im Prozess benötigt, der Rest kann zur Energiebereitstellung verwendet werden. Abbildung 2 zeigt die Energiebilanz eines Strohpolyolyseprozesses auf Basis der in Dürnrrohr erreichten Umsätze (Kern 2010).

Bei Stroh als Einsatzstoff steht demnach etwa die Hälfte der Brennstoffenergie in Form hochwertiger gasförmiger oder flüssiger Brennstoffe zur Verfügung und knapp die Hälfte verbleibt in der Pyrolysekoksfraktion. Die Koksfraktion könnte entweder in speziellen Schmelzkammerfeuerungen mit Flüssigascheabzug energetisch genutzt werden oder, was auf Grund der thermischen Stickoxidbildungsproblematik bei Schmelzkammerfeuerungen naheliegt, direkt als Bodenverbesserer in der Landwirtschaft Anwendung finden (Jefferey et al. 2011). Dies wurde aber im Zusammenhang mit der Anlage in Dürnrrohr bisher nicht untersucht. Der Pyrolyse-Versuchsbetrieb war technisch erfolgreich, allerdings wurde wegen der schwierigen Verfügbarkeit von Stroh und der offenen Frage der Koksnutzung vorerst von der Errichtung einer Großanlage abgesehen und der Versuchsbetrieb eingestellt. Für die Pyrolysetechnologie lässt sich folgern, dass sie ein robustes und für schwierigste Brennstoffe (Hausmüll, zerkleinerter Sperrmüll, Klärschlamm, Stroh, Fermentationsrückstände) erprobtes Verfahren darstellt. Bei der Kaskadennutzung nachwachsender Rohstoffe könnte der Pyrolyse somit die

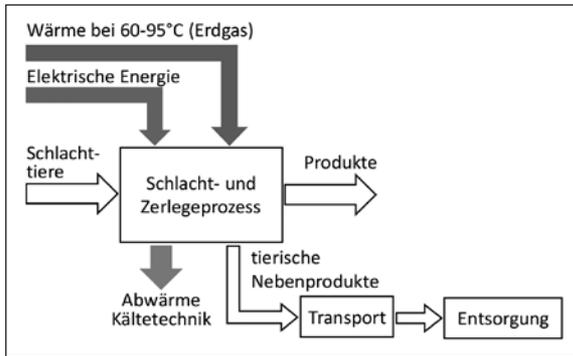


Abbildung 3: Konventioneller Schlacht- und Zerlegeprozess (ohne Wasserströme)

Rolle einer energetischen Restnutzung unter Bereitstellung einer als Bodenverbesserer einsetzbaren Biokoksfraction zukommen.

### Fallbeispiel Schlachtabfall-Biogasanlage

Abbildung 3 illustriert sehr allgemein einen Schlacht- und Zerlegeprozess. Neben den Produkten für Lebensmittel- und Lederindustrie fallen auch tierische Nebenprodukte an. Diese sind mit der BSE-Krise vom Wertstoff zum Problemstoff geworden.

Darauf hat die Rudolf Großfurtner GmbH für ihren Schweine-Großschlachtbetrieb in St. Martin im Innkreis/Österreich mit einer Kaskadennutzung gemäß Abbildung 4 reagiert, welche mittlerweile einen Großteil der Energieversorgung des Betriebes deckt. Um Entsorgungskosten zu vermeiden und gleichzeitig Energiekosten zu reduzieren wurde eine Hygienisierungsanlage für die Abfallfraktion installiert, eine Biogasanlage, die auf die speziellen Anforderungen hochstickstoffhaltiger Substrate hin optimiert werden konnte, eine biologische Entschwefelung und ein 526 kW<sub>el</sub> Biogas-Blockheizkraftwerk (BHKW), welches kontinuierlich bis zu 560 kW Wärme auf einem Temperaturniveau von 95 °C bereitstellen kann. Das stabilisierte Endsubstrat wird von Landwirten derzeit kostenneutral als Dünger abgenommen.

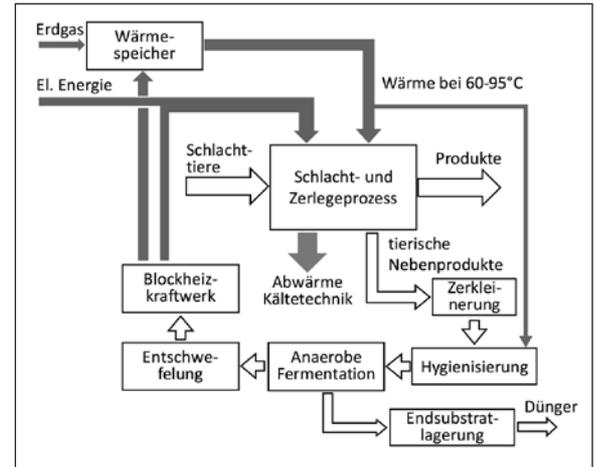


Abbildung 4: Schlacht- und Zerlegeprozess mit energetischer Nutzung der tierischen Nebenprodukte (ohne Wasserströme)

Zumal es sich bei der vorgestellten Anlage in mehrerer Hinsicht um eine Pionierleistung handelte, traten im Laufe der Inbetriebnahme und der Optimierung des Anlagenbetriebes Herausforderungen auf, die neuartige Lösungsansätze erforderten. In Bezug auf die Biologie der anaeroben Vergärung wurden Optimierungen erreicht, die eine höhere Toleranz gegenüber Ammonium und damit eine Erhöhung der Gasausbeute ermöglichten. Eine vollständige Nutzung der BHKW-Wärme im Schlachtbetrieb war erst nach grundlegenden Veränderungen im betrieblichen Wärmenetz möglich.

So wurden die Wärmeverbraucher im Schlachtprozess bei Erhalt einer zuverlässigen Funktionsweise auf geringere Vorlauftemperaturen getrimmt und ein 250 m<sup>3</sup> Schichtwasser-Pufferspeicher mit einer Speicherkapazität von 7–9 MWh Wärmeenergie errichtet, um die kontinuierlich anfallende BHKW Wärme mit dem Lastgang der Wärmeverbraucher abzustimmen. Abbildung 5 illustriert den Wärmelastgang während einer Produktionswoche.

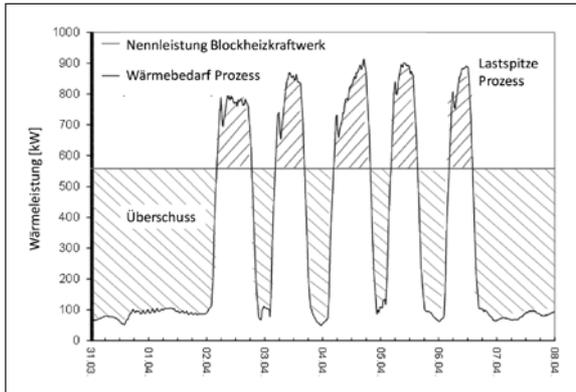


Abbildung 5: Wärmelastgang während einer Produktionswoche gegenüber Nennwärmeleistung des Biogas-Blockheizkraftwerkes (Ortner et al. 2014)

Im Zusammenhang mit der Harmonisierung der Temperaturniveaus im Wärmenetz wurde auch die ursprüngliche Substrataufbereitung (Zerkleinerung und Hygienisierung) neu als vollkontinuierlicher Prozess mit Wärmerückgewinnung gemäß Abbildung 6 ausgeführt, was neben einer verbesserten Energieeffizienz auch eine höhere Gasausbeute und einen

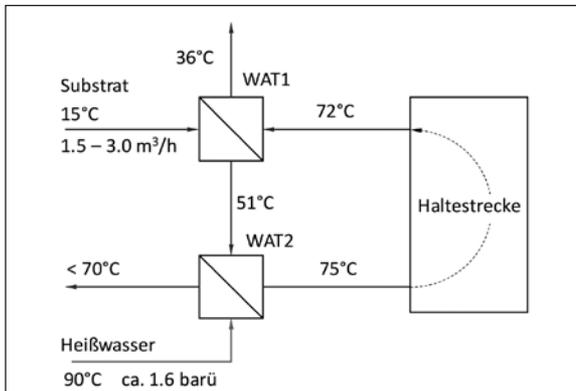


Abbildung 6: Kontinuierlicher Hygienisierungsprozess mit Wärmerückgewinnung und konstant niedrigen Heizwasser-Rücklauftemperaturen

wesentlich geringeren Wartungsaufwand mit sich brachte. Die Wärmeübertrager dafür mussten mangels marktverfügbarer Apparate speziell ausgelegt und angefertigt werden.

Derzeit wird die Anlage auf Grund des limitierten Substratanfalles bei rund 80 % Last des BHKW betrieben und es werden rund 50 % des elektrischen und rund 60 % des thermischen Energiebedarfes des Schlachtbetriebes selbst erzeugt. Eine weitere Steigerung des Eigenenergieerzeugungsanteils ist also bei Erhöhung der Substratmenge möglich. Mit Berücksichtigung des Wegfalls der konventionellen Entsorgung der Schlachtabfälle werden durch die Maßnahmen insgesamt 79 % der produktionsbedingten  $\text{CO}_2$  Emissionen eingespart.

Das verfolgte Konzept der energetischen Nutzung der Schlachtabfälle vor Ort ist wegen des kumulierten Effektes der Entsorgungskostenvermeidung und der Energie-Selbstversorgung wirtschaftlich. Abbildung 7 vergleicht die realen laufenden Kosten für Energie und Entsorgung mit und ohne energetischer Eigennutzung der Schlachtabfälle. Es ergibt sich eine Kostenreduktion von etwa 70 % gegenüber der konventionellen Technologie, die Amortisationszeiten

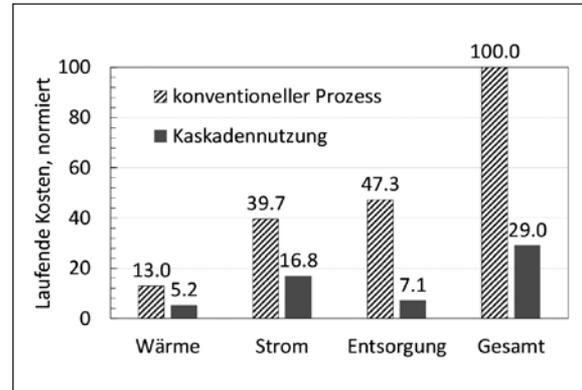


Abbildung 7: Effekt der Kaskadennutzung im Fall der Schlachtabfälle (normierte Daten nach Ortner et al. 2014, nur laufende Kosten).

für die Investitionen liegen zwischen 4 und 7 Jahren. Den größten Beitrag zur Kostenreduktion liefern die vermiedenen Entsorgungskosten inklusive Transport gefolgt von der selbst erzeugten elektrischen Energie. In Punkto Wärmeversorgung könnte der Betrieb nach weiteren geplanten Maßnahmen (Leistungssteigerung Blockheizkraftwerk von derzeit 80 % auf Volllast, Wärmerückgewinnung aus der Kältetechnik) autark werden.

### Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Formuliertes Ziel der Kaskadennutzung nachwachsender Rohstoffe ist eine nachhaltige Steigerung der Ressourcenproduktivität unter akzeptablen wirtschaftlichen Bedingungen. Derzeit wird international an einer Vielzahl möglicher Verfahren und Nutzungskonzepte gearbeitet. Im Beitrag werden zwei realisierte, technisch funktionierende Ansätze einer Kaskadennutzung vorgestellt.

Beim thermischen Verfahren der Strohpyrolyse zeigt sich, dass ein wirtschaftlicher Betrieb im Umfeld einer Energieerzeugungsanlage momentan nicht möglich ist. Die praktische Konkurrenzsituation mit leicht verfügbaren fossilen Energieträgern und fehlende energiepolitische Anreize zeichnen hierfür verantwortlich. Ein interessanter Aspekt der Technologie ist die mögliche Anwendung des Pyrolysekokes in der Landwirtschaft, speziell wenn sich zeigen sollte, dass ein langsamer Koksabbau im Boden eine nachhaltige Nährstoffversorgung ermöglicht.

Das zweite vorgestellte Verfahren einer anaeroben Fermentation von Schlachtabfällen ist im Umfeld eines Produktionsbetriebes angesiedelt und insbesondere auf Grund der vermiedenen Entsorgungskosten wirtschaftlich. Hier können in einem betriebswirtschaftlich sinnvollen Projekt knapp 80 % der produktionsverursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden. Das Endsubstrat wird als Stickstoffdünger in der Landwirtschaft eingesetzt.

Es kann erwartet werden, dass Innovationen im Bereich effizienter Kaskadennutzung von der produzierenden Industrie vorangetrieben werden. Im wirtschaftlichen Umfeld der Energieerzeuger sind nach-

wachsende Rohstoffe derzeit kaum wirtschaftlich. Im Umfeld von betrieblichen Energiekonsumenten können Kaskadennutzungen unmittelbare wirtschaftliche Vorteile bringen. Solche Nischenanwendungen können die Demonstration neuartiger Verfahren rechtfertigen und so die Entwicklung in Richtung einer effizienten Kreislaufwirtschaft katalysieren.

### Literaturverzeichnis

Arnold, K., von Geibler, J., Bienge, K., Stachura, C., Borbonus, S., Kristof, K. (2009): Kaskadennutzung nachwachsender Rohstoffe: Ein Konzept zur Verbesserung der Rohstoffeffizienz und Optimierung der Landnutzung. Wuppertal Papers, Nr. 180, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.

Fürnsinn, S. (2007): Outwitting the dilemma of scale: Cost and energy efficient scale-down of the Fischer-Tropsch fuel production from biomass, Dissertation, Technische Universität Wien.

Halwachs, M., Kampichler, G., Hofbauer, H. (2009): Low temperature pyrolysis to substitute fossil fuels in a thermal power plant. Beitrag zur 17th European Biomass Conference & Exhibition, Hamburg, 29.06.–03.07.2009.

Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., van der Velde, M., Bastos, A.C. (2011): A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Nr. 144, 175–187.

Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H. (2009): *Energie aus Biomasse*, Springer-Verlag, 2. Auflage, ISBN 978-3-540-85095-3.

Kern, S. (2010): Niedertemperatur Drehrohrpyrolyse als Vorschaltprozess für die Co-Verbrennung von unkonventionellen Brennstoffen in thermischen Anlagen, Diplomarbeit, Technische Universität Wien.

Kern, S., Halwachs, M., Kampichler, G., Pfeifer, C., Pröll, T., Hofbauer, H. (2012): Rotary kiln pyrolysis of straw and fermentation residues in a 3 MW pilot plant – Influence of pyrolysis temperature on pyrolysis product performance. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Nr. 97, 1–10.

Ortner, M., Wöss, D., Schumergruber, A., Pröll, T., Fuchs, W. (2014): Reduction of GHG emissions of an abattoir by implementation of an innovative waste and energy management concept. Artikel eingereicht bei *Applied Energy*.

## Diskussion



BAHRS, HOHENHEIM

Ich habe eine Frage zur Wirtschaftlichkeit der von ihnen skizzierten Biogasanlage, die sehr stark dadurch getragen wird, dass es Vermeidungskosten gibt bei den Schlachtabfällen. Wenn sie sagen, es ist wirtschaftlich, ist das somit eine stark statische Betrachtung, denn die Möglichkeit der Marktausdehnung wird wahrscheinlich nicht sehr groß sein, weil dann der Wettbewerb um die Schlachtabfälle beginnen würde. Insofern ist das sehr wichtig, zu wissen, wo ist eine gesunde Größe für den Umfang solcher Biogasanlagen und werden solche Schlachtabfälle nicht bereits jetzt schon sehr intensiv im Rahmen solcher Verwendung genutzt, so dass ein weiteres Wachstum dieses Marktes wahrscheinlich sehr eingeschränkt ist.

ANTWORT

Ich muss hier insofern passen, da ich den Markt im Großen nicht kenne. Was ich zum konkreten Projekt sagen kann ist, es wurde maßgeschneidert auf diesen Betrieb implementiert. Es war ursprünglich kein Problem, diese Stoffe an den Mann zu bringen, und dies ist dann mit der BSE-Krise zum Problem geworden. Man hat drauf reagiert. Im konkreten Fall denke ich, dass es auch wirklich so ist, dass jetzt die Entsorgungskosten schon wesentlich geringer wären als zu dem Zeitpunkt als die Investitionsentscheidung getroffen wurde vor acht oder neun Jahren.

LINDORFER, PINNEBERG

Zwei Fragen, eine technische. Also was sehr interessant klang war die kontinuierliche Hygienisierung. Das habe ich nicht ganz verstanden, wie das abläuft, habe ich einen Haltetank. Vielleicht können sie da kurz drauf eingehen. Und zweitens: Werden denn dort inzwischen bei dem Schlachthof die kompletten Reststoffströme über die Biogasanlage gefahren, also inklusive der Knochen und sämtliches Washwasser.

ANTWORT

Danke für die Fragen. Zur ersten Frage. Dieser Haltetank ist kein Tank, sondern eine Rohrleitung, die sich in einem Wasserbad befindet und praktisch aus 6 m langen Stücken besteht, die dann wiederkehrend durchströmt werden. Das hat den Vorteil, dass man hier ein pfropfenartiges Strömungsprofil ausbildet und tatsächlich auch dann sagen kann, das Zeug war so lange drinnen. Das können sie ja sonst bei einem rührkesselartigem Stromverhalten nicht garantieren. Das wäre wahrscheinlich auch für die Behörde nicht akzeptabel gewesen. Ein zusätzlicher Vorteil ist, sie können diese Rohrleitung auch durch Reinigungsmaßnahmen, beispielsweise Kurzzeit durch schnellere Strömung von bereits hygienisierten Substraten auch wieder von Ablagerungen befreien und dergleichen. Zur 2. Frage: Die Knochen gehen nicht hinein. Es gibt nach wie vor einen Strom, der entsorgt werden muss. Die Knochen werden nicht umgesetzt. Hinein geht Blut, das Innereienpaket und Flotatfett, wobei

bei für Flotatfett die Entsorgungskostenvermeidung sehr hoch sind, von den drei Stoffen.

RODEHUTSCORD, HOHENHEIM

Das ist jetzt eine sehr interessante Zusatzinformation, weil ich auch gedacht hätte, das ist eine sehr elegante Möglichkeit, die sehr vielen wertvollen nützlichkeitsbestandteile der Schlachtabfälle wieder auf den Acker zurückzubringen, insbesondere die Mineralstoffe. Das ist offensichtlich hier nicht der Fall. Wissen sie denn wie die Knochen dann im System weiter verwertet werden?

ANTWORT

Ich weiß es nicht, wahrscheinlich konventionell. Sie werden verbracht zu einer Tierreststoffverwertungsanlage und dort werden die Knochen übernommen.

SUSENBETH, KIEL

Ein Kommentar - Teilweise wurde es gerade angesprochen. Dieses zweite Beispiel zeigt doch eigentlich den Blick für eine wirklich nicht nachhaltige Verwendung und das ist natürlich die Nutzung dieses wertvollen Proteins in der Tierernährung. Gesetzlich ist es sicherlich die optimale Lösung, sie ist aber nicht nachhaltig. Wenn man dann rechnet, wieviel Hektar Sojaschrot usw, was bedeutet, dass wir nicht importieren müssten und die Folgen, die in den Ländern vielleicht auftreten. Wenn man das mal gewichten würde, würde natürlich so ein System grundsätzlich verblasen. Trotzdem ist das gerechtfertigt. Diesen wichtigen Hinweis muss man doch machen, abgesehen davon, dass Phosphor als wichtige Mineralstoffquelle auch noch entgeht und dann muss man darauf hinweisen, dass eigentlich eine ganz andere Nutzung nachhaltiger wäre.

MUMME, POTSDAM

Eine Frage zum Stroh. Es gibt ja unheimlich viele Ideen, was man mit dem Stroh dann machen kann und wieviel davon überhaupt verfügbar ist. Sie haben jetzt Pyrolyse vorne angestellt, hatten aber vorher in

ihrem Diagramm sowohl biologische als auch thermochemische

Verfahren als möglich erachtet. Haben sie sich vergleichend zu der Pyrolyse auch mit biologischen Verfahren beschäftigt? Vor allem denke ich da an Biogas und die Möglichkeit, hinterher den Gärrest noch als Humusbildner wieder einzusetzen mit den Nährstoffen, die erhalten bleiben. Haben sie das mal über alles hinweg zeitlich verglichen, vielleicht sogar ökonomisch?

ANTWORT

Es ist so, dass ich das zeitlich überdeckend nicht gemacht habe, d.h., das Projekt mit der Strohpyrolyse ist noch an der Technischen Universität gelaufen. Das war so zwischen 2008 und 2010. Wir haben aber momentan keine Berührung zu Projekten an der Universität für Bodenkultur, wo über neue Verfahren ein Strohaufschluss für Biogasanlagen versucht wird, beispielsweise, um hier die Lignocellulosen verfügbar zu machen. Ich habe jetzt keine Ergebnisse davon. Es ist aber sehr interessant und wir forschen an diesen Technologien. Aus meiner Sicht wären die biologischen Verfahren grundsätzlich, wenn sie möglich sind, erst einmal zu bevorzugen, weil sie die Reststoffe aus einem biologischen Verfahren immer noch zur Not auch thermisch nutzen können, wenn es schon nicht ausbrennbar ist.

LEWANDOWSKI, HOHENHEIM

Ich würde ganz gerne an einem Punkt ansetzen, den sie unten hatten, die Bodenverbesserung. Mich würden einfach interessieren die Gärreste, die da rauskommen. Wie muss ich mir das vorstellen? Welche Konsistenz haben die? Gibt es da schon Erfahrungen in der Landwirtschaft, das Auszubringen und was halten die Landwirte davon? Wird das schon ausgebracht? Sie sprachen auch von Bodenverbesserung. Ich würde mir da vor allem Humusanreicherung vorstellen. Ich kann mir nicht so richtig vorstellen, wenn da Blut etc. drin ist, wo da der Humus herkommen soll oder geht es mehr um die Düngeeffekte.

ANTWORT

Sie sprechen einen wunden Punkt an. Ich denke, die beiden Verfahren sind hier überhaupt nicht vergleichbar. Wenn sie die Biokohle aus der Pyrolyse ansehen, dann ist das ein ganz anderes Substrat, der Gärrest aus der anaeroben Fermentation der Schlachtabfälle. Sie müssen sich das als Flüssigkeit vorstellen, die von den Landwirten heiß begehrt ist. Es im Wesentlichen ein Stickstoffdünger, in dem aber dieser Stickstoff praktisch offen verfügbar ist. Im Sinne eines nachhaltigen Bodens, eines nachhaltigen Bodenaufbaus, ist er wahrscheinlich nicht sehr wertvoll. Allerdings für Intensivlandwirtschaft, die dort im Umkreis auch passiert, ist er ein beehrter Stickstoff, wird aber durch Regenwasser ausgewaschen, geht natürlich gerne ins Grundwasser und es ist grundsätzlich zu hinterfragen, ob es dann nicht Stabilisierungsprozessschritte dazwischen bedürfte oder ähnliches.

RODEHUTSCORD, HOHENHEIM

Im Idealfall ist der Landwirt daran interessiert auf der einen Seite den Koks einzusetzen, auf der anderen Seite die Reststoffe von den Schlachtabfällen.

Ich persönlich war als Laie ein bisschen überrascht, dass bei der Verbrennung noch etwa

50 % der Energie im Koks verbleiben. Ist das dann normal?

ANTWORT

Das ist keine Verbrennung, sondern die Pyrolyse. Bei der Pyrolyse ist das bezogen auf die Energie normal. Es sind etwa 25 bis 30 Gewichtsprozent und 50 % gehören zur heizwertbezogenen Energie. Wenn sie es einackern, ackern sie 50 % der heizwertbezogenen Energie damit ein. Es ist eben sehr schwierig, das Stroh aufgrund der Aschezusammensetzungen und Verbrennungsverfahren zu nutzen. Es war ja lange eine Diskussion, das Stroh einfach mit zu verbrennen in Kohlekraftwerken. Das wollen aber die Kesselbetreiber genau aus diesem Grund nicht, weil es hier zu Korrosionsproblemen kommt. Ein Mitverbrennen dieser Pyrolysefraktion – also des Pyrolysegases und

des Pyrolyseöles – wäre in konventionellen Kraftwerken problemlos möglich. Das ist hier im Prinzip der Hintergrund der Umsetzung. Sie könnten natürlich den Koks in speziellen Feuerungsanlagen einsetzen, die auf Flüssigascheabzug ausgelegt sind, als Feinstoff. Dieser Pyrolysekoks wäre natürlich ein hochwertiger Feinstoff. Sie haben aber dann das Ascheschmelzproblem. Das muss man berücksichtigen. Es hat solche Schmelzkammerfeuerungen gegeben in der Vergangenheit, die arbeiten nur bei sehr hohen Temperaturen und sind in Bezug auf die thermischen Stickoxide problematisch, und derzeit werden keine Schmelzkammerfeuerungen meines Wissens mehr gebaut. Daher die Alternative, den Koks überhaupt nicht mehr energetisch zu nutzen, sondern eben im Bereich der Bodenverbesserung. Bei Verbrennungsverfahren bleibt üblicherweise kein Koks zurück. Wenn sie Stroh verbrennen ist der Umsatz adäquat, nahezu 100 %.

SCHENKEL, HOHENHEIM

Ich habe vielleicht nicht genau aufgepasst bei dieser Anlage zur Verwertung der tierischen Nebenprodukte. Ist das dann eine thermophile Anlage oder umgedreht, müssen sie nachher nochmal hygienisieren oder ist nach dem Prozess keine Hygienisierung mehr notwendig? Sie haben das selber schon angedeutet. Wie hoch ist der Ammoniumstickstoff am Gesamtstickstoff in dem Produkt, das dann da rauskommt als Düngemittel?

ANTWORT

Zur ersten Frage. Es ist meines Wissen eine mesophile Anlage und es wird nachher nicht mehr hygienisiert. Das weiß ich sicher. Zur zweiten Frage. Der Stickstoffgehalt ist sehr hoch, auch der Ammoniumstickstoffgehalt ist sehr hoch. Ich habe die Zahlen allerdings nicht im Kopf, da das nicht mein Bereich ist im Projekt. Es wurden in den vergangenen Jahren sehr interessante Erfolge erzielt durch spezielle Nährstoffeinbringung in die Biogasanlage, um die Mikroorganismen auf dem hohen Stickstoffgehalt zu bringen. Es war auch im Gespräch, Ammoniumstickstoff

gezielt auszutreiben aus der Biogasschlemppe. Das Verfahren wurde dann allerdings nicht implementiert am Standort. Es wurden aber trotzdem Ertragssteigerungen im Bereich von 25 % durch Mineralstoffzugaben erreicht. Allerdings ist das nicht mein Bereich. Ich kann hier leider nicht nähere Auskunft geben.

KRUSE, BERLIN

Ich habe eine Frage zur Perspektive dieser Strohpyrolyseverfahren. Kann man da auch andere Rohstoffe einsetzen? Ich denke daran, dass wir ja gerade gesehen haben, dass Stroh im Bereich des Tierwohls, der Tierhaltung eine größere Rolle spielen soll. Die „Beate“ watete da durch Unmengen von Stroh. Dieses Stroh sollte dann auch entsprechende Qualitäten haben. Wir sehen ja jetzt schon, dass es ein Riesenswettbewerb um das Stroh gibt aus diesem Bereich. Sehen sie da andere wirtschaftliche Möglichkeiten, das Stroh lieber der Landwirtschaft zu lassen?

ANTWORT

Es war eigentlich geplant, an diesem österreichischen Standort diese Strohpyrolyse in einer Demonstration oder später vielleicht sogar in einer Großanlage zu realisieren. Das ganze ist dann an der schweren Verfügbarkeit von Einsatzstroh gescheitert. Sie bekommen das Stroh am Markt zu einem gewissen Preis und dieser Preis ist aber für einen Energieerzeuger zu hoch, für eine Stromerzeugung in einem Kraftwerk. Es gibt diese Konkurrenz ganz klar und ganz offensichtlich sind andere Bereiche bereit, hier auch das Stroh abzunehmen. In Bezug auf die technische Möglichkeit auch Stroh, das sie beispielsweise als Einstreu verwendet haben, nachher zu pyrolysieren, denke ich, dass das schon möglich sein würde. Diese Pyrolyseverfahren sind sehr robust. Ich habe es erwähnt. In Burgau wird sogar Sperrmüll eingesetzt in diesem Pyrolysedrehrohr. Das ist etwas, das in keinem anderen thermischen Behandlungsverfahren im Prinzip möglich wäre, außer beim Drehrohrverfahren. Daher denke ich, dass das auch für vorher genutztes Stroh aus dem Einstreubereich problemlos möglich wäre.

# Innovative Kleiebioraffinerie: vom Nebenprodukt zu High Value-Produkten



## Allgemeine Fakten

Bei einem weltweiten Produktionsvolumen von rund 650 Mio. Tonnen pro Jahr nimmt Weizen nach Mais und Reis eine Spitzenposition unter den wichtigsten Agrarrohstoffen ein. Allein in Österreich wurden etwa im Jahr 2010 ca. 1,4 Mio. Tonnen Weizen geerntet, wovon etwa 70 % zu Mehl verarbeitet wurden. Bei der Mehlerzeugung selbst fällt die Weizenkleie, die rund 20 Prozent des Getreidekorns ausmacht, als mengenmäßig bedeutendes Nebenprodukt an, so dass z. B. in Europa das jährliche Aufkommen an Weizenkleie mit ca. 10 Mio. Tonnen beziffert wird. Der Begriff Weizenkleie umfasst verschiedene Zellschichten (Fruchthülle, Samenschale, Hyalinschicht, Aleuronschicht), die bei dem Vermahlungsprozess entstehen.

Derzeit wird Weizenkleie fast ausschließlich zu Fütterungszwecken eingesetzt; nur geringe Mengen finden bisher als diätetisches Nahrungsmittel Verwendung. Aufgrund ihrer besonderen Zusammensetzung eignet sich Weizenkleie jedoch darüber hinaus auch als wertvoller Rohstoff, der im Rahmen einer Bioraffinerie, alternativ oder ergänzend zu herkömmlichen Quellen, bedeutende Substanzen und Produkte liefern kann. Mit einem Kohlenhydratgehalt von über 50 % erscheint insbesondere diese Fraktion, bestehend aus Stärke, Cellulose und Hemicellulosen, als besonders wertvoll. Auch der Proteinanteil sowie die Mineralstoffe bieten sich als wertgebende Komponenten an, die in verschiedenen Bereichen wie z. B.

in Lebens- und Futtermitteln, Düngemitteln sowie in Kunststoffen genutzt werden können.

## Das Konzept der Kleiebioraffinerie

Ähnlich dem Konzept einer petrochemischen Raffinerie verfolgen Bioraffinerien das Ziel einer ganzheitlichen Verwertung von biogenen Rohstoffen samt den anfallenden Nebenströmen (Abbildung 1). Die Strategie einer Kleiebioraffinerie konzentriert sich zum einen auf die Umsetzung eines kaskadenartigen Nutzungskonzepts, zum anderen aber auch auf die Gewinnung wertvoller Komponenten und Reinsubstanzen. Im Vergleich zu bereits bestehenden Bioraffineriekonzepten (Lignocellulose-basierte, Pflanzen-basierte sowie Grüne Bioraffinerie) nimmt die Kleiebioraffinerie aufgrund der notwendigen Berücksichtigung mehrerer Inhaltsstoffe, die sich in einem teilweise komplexen Gefüge befinden, eine besonde-

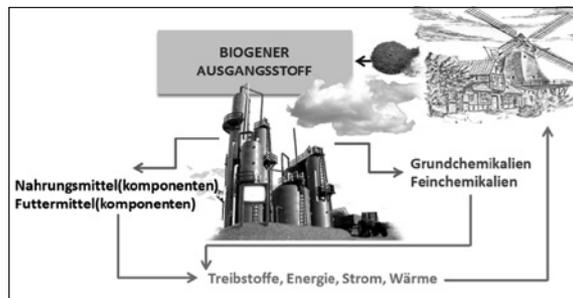


Abbildung 1: Generelles Konzept einer Bioraffinerie

re Stellung ein und ist diesen etablierten Ansätzen nur schwer zuordenbar. Letztlich kann sie aber auch aufgrund des Ligninanteils der Kleie, der immerhin rund 6 % ausmacht, nahe der erstgenannten Variante platziert werden.

Die Kleie wird in unterschiedlichen Be- und Verarbeitungsstufen sowie mit geeigneten Aufschlussprozessen behandelt, zerlegt und fraktioniert, wodurch wiederum verschiedene Nebenströme entstehen können. Plattformsubstanzen wie z.B. Monosaccharide, Protein, Lipide werden durch geeignete Prozesse zu so genannten Building Blocks umgewandelt, von denen etwa Milchsäure aus Glucose (auf fermentativem Weg), aber auch die resultierenden Aminosäuren, vielfältig eingesetzt bzw. weiterverarbeitet werden können. Die kritische Frage hinter diesen Umwandlungsprozessen bezieht sich häufig auf die ökonomische Relevanz. Hier muss versucht werden, Prozesse zu finden, zu optimieren oder zu entwickeln, die zu den bereits industriell etablierten konkurrenzfähig sind oder aber bei einem Blick in die Zukunft, unter Berücksichtigung des Nachhaltigkeitskonzepts, als zielführend erscheinen. Auch die energetische Verwertung der resultierenden Nebenströme ist ein weiterer, interessierender Bestandteil eines solchen Bioraffineriekonzeptes, könnte damit doch letztlich sogar eine energetisch autonome, industrielle Produktion ermöglicht werden.

Moderne Bioraffinerien müssen nicht zwangsläufig in Richtung einer kompletten Desintegration gehen, vielmehr ist die oben erwähnte, kaskadenartige Vorgangsweise zielführend, weil damit erreicht wird, dass in kleinen Schritten sowie unter Berücksichtigung weniger bis stärker eingreifender Prozesse und Verfahren valorisierte (Vor-) Produkte zu gewonnen werden. So ist z.B. der direkte Einsatz der ballaststoffreichen Kleie in Brot und Backwaren (was ernährungsphysiologisch vorteilhaft ist) vor allem durch sensorische Nachteile (Bitterkeit, Sandigkeit etc.), aber auch durch rheologische Faktoren bei der Teigbereitung limitiert. Phenolische Substanzen sowie die Arabinoxylane aus der Ligno- bzw. Hemicellulosefraktion sind dafür

verantwortlich. Daraus resultieren interessante Forschungsansätze, auf Basis derer geklärt werden muss, wie die dafür verantwortlichen Substanzen dahingehend modifiziert werden könnten, um die negativen Effekte zu vermeiden oder zu minimieren. Hierfür werden geeignete analytische Verfahren benötigt, um Antworten auf die vielen damit verbundenen Fragestellungen zu finden.

Hinsichtlich der Nutzung des Fettanteils resultiert ein weiteres Problem, das seine Ursache im bei Kleie typischen hydrolytischen Verderb hat. Hier gilt es herauszufinden, wann und wie die Verderbsreaktionen der Lipidfraktion initiiert werden, da diese Komponente aufgrund seiner Zusammensetzung (Anteil an essentiellen Fettsäuren und fettlöslichen Vitaminen) grundsätzlich wertvoll ist und sich deren Gewinnung somit lohnen kann.

Auch der Einsatz von Weizenkleie als Futtermittel ist in diesem Zusammenhang von hoher Relevanz. Kleie ist einerseits ein wichtiger Träger für Rohfaser, einem wertvollen Futterbestandteil, andererseits stellt sie sich hinsichtlich des Phytat-gebundenen Phosphors wiederum auch nachteilig dar. Hier gilt es, maßgeschneiderte Aufbereitungsverfahrenskonzepte zu entwickeln, die die Verwendung der Kleie den unterschiedlichen Fütterungsregimen zugänglich machen und damit ein breiteres Anwendungsspektrum als bisher ermöglichen. Beispielsweise wird derzeit im Rahmen des laufenden Forschungsprojekts untersucht, ob und inwieweit durch den Anteil an Arabinoooligosacchariden in Kleie die Darmmikrobiota von Schweinen auf präbiotische Weise stimuliert werden kann. Auch der Einfluss konventioneller Aufbereitungsprozesse wie z.B. der Fermentation oder der Extrusionsbehandlung auf fütterungstechnische Qualitätsparameter von Weizenkleie ist Thema dieser Arbeit.

Im Rahmen der Bioraffinerie-spezifischen Aufschlussmethoden sind vor allem der Hydrothermal-aufschluss, der Organsolv-Prozess und die enzymatische Behandlungen – oft miteinander gekoppelt – von Interesse. In Abhängigkeit davon, ob mit den daraus resultierenden Komponenten und Substanzen

in Richtung Futter- und Lebensmittel gegangen werden soll oder nicht, ist die Entstehung toxikologisch relevanter Substanzen (z. B. Hydroxymethylfurfural) hierbei in Betracht zu ziehen und in eine allfällig erforderliche Qualitäts- und Sicherheitsbewertung zu integrieren.

Die kohlenhydratbasierte Nutzbarkeit der Kleie für den Kunststoff- und Feinchemikalienbereich erscheint als äußerst vielfältig, und Fragen der Nachhaltigkeit, der biologischen Abbaubarkeit, aber auch Recyclingfähigkeit stehen hier ebenfalls mit im Vordergrund der ökonomischen und ökologischen Bewertung.

Da es bislang noch kaum konkrete Forschungsansätze in Richtung einer Kleiebioraffinerie gegeben hat, ist in diesem Zusammenhang noch viel analytische Arbeit zu leisten, um nicht nur die Aufschluss-, Extraktions- und Aufreinigungsprozesse damit zu begleiten und dabei auftretende Effekte zu erkennen, sondern auch die Zusammensetzung im Ausgangsprodukt, vor allem die komplexe Verflechtung einzelner Substanzen miteinander besser aufzuklären. Hier vermag eine einzelne wissenschaftliche Disziplin alleine die Zusammenhänge nicht ausreichend zu erforschen, was interdisziplinäre Ansätze unter Berücksichtigung der Chemie, Toxikologie, Verfahrenstechnik, Technologie, (Tier-) Ernährung etc. erforderlich macht. Am Beispiel des Einsatzes der Immunfluoreszenzmikroskopie etwa kann anschaulich dargestellt werden, wie die Arabinoxylane in die Lignocellulosematrix eingebettet sind und wie sich die unterschiedlichen Aufschlussprozeduren auf dieses Gefüge auswirken.

### **Ausblick**

Obwohl Kleie aufgrund seiner Zusammensetzung im Vergleich zu anderen agrarischen Rohstoffquellen bzw. Nebenprodukten äußerst komplex, analytisch wie verfahrenstechnisch anspruchsvoll ist und somit eine große wissenschaftliche Herausforderung darstellt, kann die Kleiebioraffinerie als innovatives und zukunftsweisendes Beispiel für eine auf bioökonomischen Überlegungen basierenden Verwertungsstrategie dienen. Eine wichtige Erkenntnis wurde aus den

bisherigen Forschungsaktivitäten schon jetzt gewonnen: die Bewältigung der Fragestellungen funktioniert nur mit einem stark interdisziplinär orientierten Konzept, das von den Agrarwissenschaften über mehrere Bereiche, bis in die chemische Technologie sowie Energietechnik reicht.

### *Weiterführende Literatur*

Prückler, M. et al. (2014): Wheat-bran based biorefinery. 1: Composition of wheat bran and strategies of functionalization. *LWT-Food Science and Technology* 56:211–221.

Apprich, S. et al. (2014): Wheat bran-based biorefinery. 2: Valorization of products. *LWT-Food Science and Technology* 56:222–231.

Hell, J. et al. (2014): Analytical techniques for the elucidation of wheat bran constituents and their structural features with emphasis on dietary fibre. *Trends in Food Science and Technology* 35:102–113.

Reisinger, M. et al. (2013): Wheat bran biorefinery—a detailed investigation on hydrothermal and enzymatic treatment. *Bioresource Technology* 144:179–185.

Michlmayr, H. and Kneifel, W. (2014):  $\beta$ -Glucosidase activities of lactic acid bacteria: mechanisms, impact on fermented food and human health. *FEMS Microbiology Letters* 352:1–10.

Michlmayr, H. et al. (2013): Arabinoxylan oligosaccharides hydrolysis by family 43 and 51 glycosidases from *Lactobacillus brevis*. *Applied and Environmental Microbiology* 79:6747–6754.

## Diskussion



WOLFFRAM, KIEL

Herr Kneifel, vielen Dank für den schönen Vortrag, natürlich noch mit relativen Spekulationen verbunden. Ich bin immer hellhörig, was die gesundheitliche Wirkung von Phenolsäuren angeht, was ein eigenes Arbeitsgebiet ist. Da würde ich nicht so viel Hoffnung reinsetzen, dass da etwas Greifbares, Konkretes ist. Was ich nicht grundsätzlich verstanden habe. Ist das derzeit ein Problem, die Kleiemengen, die anfallen, abzusetzen? Denn wenn das so wäre, dann wundert mich dieser enorme Preis von Kleie, der ja analog zum Weizen geht und bei 70–80 % vom Weizenpreis liegt.

ANTWORT

Das ist die Frage, die uns auch immer wieder beschäftigt. Warum steigt der Kleiepreis trotzdem an? Als Wissenschaftler davon unabhängig interessiert mich eigentlich, was ich aus der Kleie mache und dann muss man die ökonomischen Faktoren auf jeden Fall berücksichtigen. Auch die Frage, wenn ich etwas aus Kleie mache, dann muss ich auch die Verfahren einmal entwickelt haben, die sie jetzt von dem Pilotmaßstab vielleicht in einen “scaling-up-Bereich bewegen, der es mir ermöglicht, auch wirklich die Kosten abzuschätzen. Wir machen das in der Form, dass wir uns zusammensetzen mit Experten, mit Herrn Schmidt vom Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung und seinen Mitarbeitern. Ich bin auch nur ein Rädchen in dieser Maschine, das versucht, einmal diese Möglichkeiten auszuloten und gebe ihnen auch

durchaus Recht mit dem Polyphenol und dergleichen, dass das nicht so einfach ist. Was ich vielleicht nicht dazu gesagt habe ist, dass die Kleie – und wir haben das auch gemessen mit Kollegen der Universität – ein doch relativ gutes antioxidatives Potential beinhaltet. Wir haben das mit einem Schweinefütterungsversuch gekoppelt und dort im Serum diese Aktivitäten gemessen, nicht im Reagenzglas. Dieses antioxidatives Potential ist vermutlich auf den relativ hohen Tocopherolgehalt zurückzuführen. Es sind Tocopherole drinnen, auch Tocotriane, es sind auch Sterole drinnen. Es sind ganz interessante Substanzen und wichtig ist uns, dass wir gerade in der Fettphase hier zu einer Lösung kommen und dass wir dieses Ranzigkeitsproblem wegbekommen, dass schon nach wenigen Tagen nach dem Vermahlungsprozess vorliegt. Die Kleie lagert nun einmal, bevor sie verfüttert wird und da passiert auch einiges an Abbauvorgängen.

BREVES, HANNOVER

Zum Einsatz als Futtermittel hätte ich gern noch zwei Fragen, die du angedeutet hastest.

A) Es kann möglicherweise zur Verbesserung der Phosphorverfügbarkeit beitragen und B): Die präbiotischen Effekte. An welche Tierarten müssen wir denn da denken? Für mich wäre naheliegend, nur an monogastrische Tiere zu denken, denn bei der Wiederkäuer-gerechten Fütterung habe ich Schwierigkeiten, das im nennenswerten Umfang unterzubringen. Wohin geht da der Weg?

ANTWORT

Eine Variante wäre natürlich herauszufinden, die wir hier in unseren Fütterungsversuchen getätigt haben, wir haben einen Vergleich verschiedener Varianten gemacht, native Kleie, fermentierte Kleie, extrudierte Kleie, ob sich hier ein Unterschied ergibt. Da tut sich leider nichts in Bezug auf die Phosphorverfügbarkeit. Es tut sich aber was im Bereich der Verdaulichkeit. Eine fermentative Vorbehandlung fördert oder nimmt schon einen Teil des Verdauungsprozesses vorweg und ist insofern förderlich, weil aufgrund dieser besonderen Methode hier sich ein deutlicher Effekt abzeichnet. Die extrudierte Kleie hat eigentlich keinen Effekt. Ich glaube, das lohnt sich nicht, diesen Verfahrensschritt hier einzusetzen. Präbiotisch, da stimme ich voll zu. Hier würde ich den Ansatz schon in Richtung Humanernährung sehen, weil die Präbiotika – auch wenn jetzt mit den gesamten Claim-Geschichten die Sache ein bisschen abgeebbt ist. Man sollte schon darauf schauen, ob da nicht auch ein Potential liegt. Man muss ja die Kleie nicht unbedingt in Europa verkaufen oder die Bestandteile.

RODEHUTSCORD, HOHENHEIM

Bei der Frage der Phosphorverdaulichkeit wird wahrscheinlich eine Rolle spielen, dass wir schon in der originalen Kleie eine ziemlich hohe Phytaseaktivität haben und wenn sie die natürlich durch einen Extruder geben, haben sie da nichts mehr.

FRAUEN, HOHENLIETH

Ich bin Pflanzenzüchter und ich könnte anbieten, dass wir den Phytasegehalt reduzieren können. Ich nicht, die Getreidekollegen müssten das machen. Ist das sinnvoll, wenn wir das Problem beseitigen oder brauchen wir das Phosphat ohnehin?

ANTWORT

Die Frage sollte an das Auditorium gehen, ob die das beantworten können. Aus meiner Sicht würde ich es begrüßen. Dann hätten wir einen Minuspunkt weg.

RODEHUTSCORD, HOHENHEIM

Bei Mais ist das ja in anderen Teilen der Welt schon sehr intensiv versucht worden, mit „low-phytate“ corn und „low-phytate“barley usw. Was uns immer erzählt wird ist, dass es da eine negative Korrelation mit dem Ertrag gibt und dass es deswegen nicht weiter verfolgt wird. Vielleicht kriegen sie das mit den neuen Züchtungsmethoden hin? Es wäre schon einiges, was wir da an Vorteilen von hätten.

MUMME, POTSDAM

Ich bin fasziniert von den Möglichkeiten und mittlerweile auch von den wissenschaftlichen Ergebnissen rund um die Bioraffinerie. Das geht ja exponentiell bergauf und heute wieder einiges dazu gelernt. Das vermittele ich auch gerne meinen Studenten, die sind auch immer begeistert. Ein Problem ist, ich würde auch gerne vermitteln. Wann kommen denn die Ideen auch mal an in der Praxis? Ich war vor vier Wochen bei der FAO. Die hatten genau zu diesem Thema gesprochen und dazu auch eine Bank eingeladen, die Rabo-Bank, die ja als eine der größten Banken für diese Investitionen bekannt ist, wo aber ganz klar die Kriterien genannt wurden und ein Mindeststeigenslevel von 50 Mio. Euro je Projekt. Kommen sie über diese 50 Mio. Euro? Was kann ich meinen Studenten sagen, wie, wann wird das strategisch möglicherweise angegangen und umgesetzt?

ANTWORT

Sie stellen die gleiche Frage wie unsere Industriepartner. Das ist eine schwierige Frage. Ich sehe verschiedene Möglichkeiten. So wie die Kleie kompliziert zusammengesetzt ist, sollte man – das habe ich aus der Forschungsarbeit der letzten zwei Jahre gelernt – sich auf der einen Seite immer ein bisschen umschauen nach den sogenannten Vermarktungspotentialen. Wie könnte man hier noch gewisses Potential in Bezug auf vermarktbarere Dinge ordnen. Wir tun das vor allem in den ersten beiden Schritten unserer Kaskade, wo wir versuchen wollen, das bekannte Problem der Kleie sensorischer Natur und auch textoraler Natur zu klären. Der zweite Punkt, ich habe kein Bild gezeigt, wo

wir Sedimentationstests gemacht haben. Kleie würde sich ja wunderbar für Surreal Based Drinks eignen. Es wird zum Teil auch gemacht, aber nicht besonders mit großem Umfang. Wir sehen hier schon ein gewisses Potential, dass man hier einen Sättigungsdrink kreiert, der als Frühstücksbasis verwendet werden kann und es eignet sich natürlich nicht jede Kleie jeglichen Vermahlungsgrades. Es eignet sich nicht jede Matrix dazu, aber es gibt ein paar ganz interessante Ergebnisse, die wir im Rahmen von zwei Diplomarbeiten schon aufzeigen konnten. Der nächste Punkt ist die Fütterung. Hier sehe ich noch ein Potential, und wir wollen das ab dem nächsten Jahr intensiver angehen in einer Kooperation mit unseren Tierernährern. Das sind die Low-Hanging-Fruits bis mittelfristig Hanging-Fruits und das andere, da bewegen wir uns de facto in einem Bereich, wo wir schon mit der einen oder anderen Bioraffinerie massiv in Konkurrenz treten. Wo man wirklich dann den ökonomischen „Break even Point“ hat. Das ist etwas, wo wir das noch nicht genau absehen können. Nachdem das ein Siebenjahresprojekt ist, hoffe ich, vielleicht in 1½ bis 2 Jahren hier mehr zu sagen.

SCHENKEL, HOHENHEIM

Zwei Fragen. Einmal über Verarbeitung der Leguminosen fällt ein Teil Kleien an. Haben sie an dieses Produkt auch gedacht? Spezialisieren sie sich auf die Getreidekleien? Zweitens:

Wenn ich Kleien höre, auf dem Getreidekorn haben wir jede Menge Bakterien, haben die Mykotoxine drauf? Was haben sie da für ein HACCP-Konzept oder Sicherheitskonzept? Wie werden sie mit diesen Problemen fertig?

ANTWORT

Zu erstens: Da kann ich nichts dazu sagen. Es liegt in der Natur des CD-Labors. Die Natur des CD-Labors ist die, dass man in Vorgesprächen mit einem potentiellen Industriepartner aufgrund von Kontakten oder aufgrund von aktuellen Fragestellungen in Kontakt tritt, um dann mit diesen ein konkretes Problem zu erörtern. Wenn dieses konkrete Problem

gut erörtert ist und es ein Commitment seitens des Industriepartners gibt, dann geht man sozusagen das Projekt Brosel an, der dann eigereicht wird, der dann begutachtet wird. Das war nun einmal Müllindustrie und die hat mit den Leguminosen gar nichts am Hut. Dementsprechend haben wir uns auf dieses Thema konzentriert und es ist Raum genug für viele Arbeiten, allein sich mit dieser Kleie zu beschäftigen. Zweitens: Das beschäftigt uns natürlich. Das ist ganz speziell auch mein Part in dem Projekt. Die Sicherheit des Produktes zu betrachten. Nicht nur die Zwischenprodukte, wo HMF und diese Dinge stehen, sondern auch die Sicherheit des Produktes Perse?? Hier haben wir natürlich auf die Mykotoxine geschaut. Wir machen parallel Mykotoxinanalysen und wir konnten beispielsweise feststellen – zumindest die Kleie, die wir hier bearbeitet haben und die hier Gegenstand des Projektes ist – ist mykotoxinmäßig sehr gering bis gar nicht belastet. Es sind eine ganze Reihe von Mykotoxinen überprüft worden. Wir haben hier eine eigene Forschungsstelle bei uns am IFA Tulln, die sich auf Mykotoxinanalytik, auf Multimethoden spezialisiert hat. Da ist ein laufendes Monitoring dabei. Die Keimbelastung ist insofern kein Thema, weil wir hier meistens das Produkt behandeln. Das Mindeste ist, dass es eine thermische Behandlung gibt. Da ist eine mühleneigene Thermisiereinheit implementiert, mit der man die normale Kleie, wenn sie für Lebensmittelzwecke genutzt wird, behandelt. Selbstverständlich machen wir auch hier Lagerungstests und dergleichen. Ich denke, das ist schon ein wichtiger Punkt und HACCP-Konzept ist dann das Letzte, was wir bei der Entstehung eines Produktes machen müssen. Ohne dieses Konzept kann man sein Produkt nicht auf den Markt bringen.

BRUNSCH, POTSDAM

Ich kenne mich mit den Bioraffineriekonzepten nicht so gut aus. Es hat so den Anschein, als wenn es für jedes Produkt eine eigene Bioraffinerie geben muss, für jeden Reststoff offensichtlich eine spezifische Bioraffinerie. Ich stelle mir das gerade so vor. Die chemische Industrie braucht ja nachher Char-

genmengen, die attraktiv sind. Wir gehen mit den diversen Bioprodukten in ganz unterschiedliche Raffineriekonzepte und haben dann – Ihre Grafik, was man aus Glucose so alles machen kann – ganz viele kleine verschiedene chemische Komponenten. Kann das wirklich für die chemische Industrie interessant sein, verschiedene Raffinerien zu haben?

ANTWORT

Da muss man generell sagen, dass wir natürlich versuchen, bestehende, etablierte Methoden hier einzusetzen, auch für die Kleie. Selbstverständlich muss man den Gegebenheiten der Kleie angepasst verschiedene Schritte einbauen, weil ansonsten das Konzept nicht funktioniert. Aber die Grundverfahren, die auch Herr Pröll beschrieben hat, sind im Prinzip die gleichen. Man muss diese Verfahren im Einzelnen anpassen und die Glucose, die ich dort raushole, ist nicht überall im gleichen Reinheitszustand oder mit irgendwelchen Nebenprodukten versehen. Da muss ich mir Gedanken machen. Die gehen dann in erster Linie im Membranverfahren und dergleichen vermutlich hinein. Ich kann mir also nicht vorstellen, dass es eine Industrie gibt, die diese ganzen Substanzen, die hier aufgezeichnet wurden, gleichermaßen bedient, sondern man wird sich auf ein paar oder auf ein einige Substanzen spezialisieren müssen. Ich kann mir das nicht anders vorstellen. Da kann der Verfahrenstechniker vielleicht mehr dazu sagen. Das ist dieser Bilderbogen an möglichen Substanzen. Das ist ein Auszug aus einer Dissertation, die gerade läuft von einer Mitarbeiterin, die einmal ein bisschen recherchiert hat, was hier alles gemacht wird. Die Bewertung, die Priorisierung müssen dann die anderen machen, und das muss natürlich in Abstimmung mit der Industrie erfolgen.

KALM, KIEL

Auf einer Tagung in Schleswig hatten wir einen Kollegen aus der Nähe von Halle, aus Leuna, eingeladen und dort existiert eine Bioraffinerie. Als Dienstleister haben die das aufgezogen, man gibt seine Produkte hin und dort wird versucht, mit verschiedenen Verfahren neue Produkte daraus zu gewinnen.

TIHOLL, HANNOVER

Ich würde gern noch einmal auf die erste Frage zurückkommen. Da ging es um den Marktpreis für Kleie, der aktuell ja schon relativ hoch war. Vielleicht können sie noch einmal ein bisschen genauer darauf eingehen, wie das denn aktuell genutzt wird, in welchen Bereichen und warum der Preis dann so hoch ist?

ANTWORT

Die Nutzung ist hauptsächlich im Futtermittelbereich, es wird beigemischt zum Futter. Warum der Preis so hoch ist, das kann ich ihnen nicht sagen. Das wird an der Börse gehandelt, aber das können vielleicht die Ökonomen hier im Raum sagen oder die Tierernährer.

KORNBLUM, HAMBURG

Wir sind ja diejenigen, die jeden Monat weit über 1.000 t Weizenkleie brauchen. Die Weizenkleie ist für uns kein Nebenprodukt, sie ist auch mehr als ein normaler Rohstoff. Wir brauchen sie. Es gibt eine Schweinehaltungsverordnung. Im Futter für tragende Sauen müssen

7 % Rohfaser drin sein oder 200 g pro Tier und Tag. Das heißt, es besteht eine rege Nachfrage. Nicht nur für Weizenkleie, für Haferschälkleie, für alles andere, wo nennenswerte Mengen an Rohfaser drin sind. Trockenschnitzel sind bezogen auf den Energiewert extrem überteuert. Der Fütterungscomputer würde die Weizenkleie auch nicht ziehen, wir müssen sie reinzwängen, weil wir die Rohfaser brauchen. Bei diesen ganzen Diskussionen um welfare oder Tierwohl kann es auch sein, dass Vorgaben kommen zum Rohfasergehalt, weil doch Leute meinen, bei einem höheren, sicheren Rohfasergehalt seien die Tiere zufriedener. Auch da können wir die Welt nicht neu erfinden. Aber das beschreibt sicher die Marktverhältnisse. Deshalb ist die Weizenkleie und noch andere Rohfaserträger so teuer. Ich ärgere mich hier und da so ein bisschen. Die Weizenkleie ist für mich kein Nebenprodukt. Wir setzen sie in der Tierernährung ein und die Schweine machen da auf höchst komplexe

Art und Weise ein sehr hochwertiges Protein draus. Ist das nicht mehr innovativ? Können wir das nicht darstellen? Das ist doch ein ganz hervorragender Weg, den zu optimieren. Es kam hier schon einmal an die Pflanzenzüchter, vielleicht den Anteil für teamgebundenen Phosphor zu senken. Wir brauchen diesen Phosphor. Die anorganischen Quellen versiegen irgendwann. Wir sind ja darauf angewiesen. Das ist ja eine Reihe interessanter Fragen, die im Grunde noch gar nicht diskutiert wurden.

ANTWORT

Vielleicht erübrigt sich doch die Kleie-Bioraffinerie, wenn ich mir das so anschau. Da sparen wir uns viel Arbeit.

RODEHUTSCORD, HOHENHEIM

Vielleicht können wir das doch noch einmal versuchen, zusammenzubringen, vor dem Hintergrund der Wertschöpfung, die jetzt ja schon erzielt wird und kommen noch mal zurück auf die Glucose-Abbildung. Wie hoch muss denn dann die Wertschöpfung überhaupt bei dem Prozess sein, um das zu kompensieren, was jetzt eigentlich schon erzielt wird an Wertschöpfung, insbesondere, wenn ich mir vorstelle, dass, wenn ich jetzt jemand wäre, der Glukose weiterverarbeitet, zu welchem Produkt auch immer. Da kann ich mir doch sehr gut vorstellen, dass ich die Glucose auch auf anderem Wege viel günstiger bekomme als wenn ich sie mir vorher erst aus der Kleie hole.

ANTWORT

Wir haben dieses Thema auch erläutert, aus der Kunststoffindustrie. Es war sehr interessant. Dort wurde gesagt, wenn sie Lösungsvorschläge hätten, die im Sinne des Nachhaltigkeitsgedankens eine Loslösung der Glucosequelle aus Nahrungsmitteln ermöglichen, dann ist es ihnen auch Wert, für diese Glucose, die wir hier generieren, mehr zu bezahlen. Das ist zumindest ein Statement eines namhaften Unternehmers in Österreich. Es hat uns auch interessiert, weil wir gesagt haben, die ökonomische Relevanz ist na-

türlich am Schluss das Nadelöhr, wo wir durch müssen. Wenn wir jetzt Lösungen anbieten und wir hatten es gestern auch gesehen bei Coca Cola, dass hier eine neue Kunststoffflasche entstehen soll, die natürlich auch gewisse Vorteile hat. Aber bis man dort ist, wird man vermutlich relativ viel Forschungsarbeit leisten müssen, dann muss man sich die Frage stellen, lohnt sich das? Aber es lohnt sich offenbar doch und es ist zumindest im Sinne der Nachhaltigkeit, was sich heute jedes Unternehmen auf die Fahnen schreibt und man das auch werbetechnisch und wie auch immer nutzen kann.

In unserem Fall war es natürlich in erster Linie die Mühle, die hier einen Mehrwert aus dem Nebenprodukt generieren möchte und wenn es letztlich „nur“ die energetische Frage ist.

## Biokohle – Ende der Bioraffineriekaskade oder Teil eines Wertschöpfungszyklus?



Biokohlen als Möglichkeit zur Verbesserung der Fruchtbarkeit landwirtschaftlicher Böden und als Kohlenstoffsenke werden in den letzten Jahren verstärkt diskutiert, in Deutschland und der ganzen Welt.

Im Erdaltertum, bevor es Pflanzen gab, bestand die Ur-Atmosphäre zu rund 20 % aus CO<sub>2</sub>, also 500 mal so viel wie heute. Das ist allerdings 500 Millionen Jahre her. Mit der Verbreitung pflanzlichen Lebens änderte sich dieser Zustand. Durch die Photosynthese waren die Pflanzen in der Lage, Kohlendioxid mit Hilfe von Sonnenlicht in Biomasse umzuwandeln. Abgestorbene Biomasse wurde in Form von Bodenumus und fossilen Kohlenstoffträgern wie Kohle, Erdöl und Erdgas festgelegt. Über lange Zeiträume befand sich dieser gebundene Kohlenstoff im Gleichgewicht mit dem CO<sub>2</sub> der Erdatmosphäre – bis vor etwa 200 Jahren der Mensch durch die Industrialisierung maßgeblich in den Kohlenstoffkreislauf der Erde eingriff. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, werden heute neue Strategien entwickelt, Kohlendioxid, das durch die Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt worden ist, über die Photosynthese als organisch gebundener Kohlenstoff wieder in den Boden einzubringen. Möglicher positiver Nebeneffekt: In bestimmten Fällen lässt sich dadurch auch die Fruchtbarkeit der Böden erhöhen (Kern et al., 2011).

Die langfristige Bindung des zuvor von Pflanzen aufgenommenen und anschließend thermisch stabilisierten Kohlenstoffs im Boden erscheint als einfache Methode dem CO<sub>2</sub>-Anstieg in der Atmosphäre zu begegnen und gleichzeitig die Fruchtbarkeit der Bö-

den zu verbessern, zumal es mit Terra Preta eine Jahrtausende alte Methode gibt und man heute den Inkohlungsprozess technisch in kurzer Zeit realisieren kann.

Von den geschätzten global vorhandenen Kohlenstoffvorräten (75 Mio Gt C) befinden sich zwar lediglich 0,001% (800 Gt C) in der Atmosphäre, die aber Teil eines sehr sensiblen kurzfristigen Kreislaufes sind. Schätzungsweise 99,8% des globalen Kohlenstoffs lagern in verschiedener Form in der Lithosphäre. Die mittlere atmosphärische Kohlendioxidkonzentration wurde für 2012 auf 393 ppmv geschätzt, der höchste Wert seit Jahrhunderten. Verursacht wird dieser Wert vor allem von der weiterhin unvermindert steigenden CO<sub>2</sub>-Emission durch Energieerzeugung und Zementherstellung (8,6 Gt C in 2012). Landnutzungsänderungen (Vernichtung des tropischen Regenwaldes, Abbau und Verbrauch von Torflagerstätten) haben in der Vergangenheit zu weiteren anthropogen verursachten Emissionen geführt. Mit aktuell (2012) 0,8 Gt C ist die absolute Menge zurückgegangen, spielt aber weiterhin eine bedeutende Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf (Global Carbon Project, 2014).

Innerhalb der Volkswirtschaft spielen Land- und Forstwirtschaft eine besondere Rolle. Sie sind die einzigen Wirtschaftsbereiche, die das Potenzial für eine negative CO<sub>2</sub>-Bilanz besitzen, also mehr Kohlendioxid durch ihre Tätigkeit binden, als sie dabei freisetzen. Die Photosyntheseleistung von Pflanzen und die potenzielle Langlebigkeit von biomassebasierten Produkten ist die Ursache dafür. Die nachhaltige

Land- und Forstwirtschaft hat also nicht nur einen möglichst hohen Biomassertrag zu erwirtschaften, sondern dies mit geringstmöglichen Ressourcen und Energieeinsatz zu bewerkstelligen. Ertragssteigerung erhöht zwar die C-Bindung, verursacht aber u.U. höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen. Wollen Land- und Forstwirte einen Beitrag zur Begrenzung des Klimawandels leisten und möglicherweise auch einen zur Sanierung der Atmosphäre, dann bedarf die Kohlenstoffdynamik größter Beachtung. Dabei ist unser Wissen über die Lebens- und Stoffumsetzungsprozesse in den verschiedenen Böden noch recht bescheiden. Mit dem Bewusstsein, dass die Bewirtschaftung der Nutzflächen maßgeblichen Einfluss auf diese Prozesse ausübt, müssen wir unser Wissen über die Wechselbeziehungen verbessern, um damit gezielt umgehen zu können. Zum einen können die Möglichkeiten der belebten Natur genutzt werden, z.B. zur Steigerung des Biomassegehaltes in den Böden, und zum anderen besitzen wir technische Möglichkeiten zum Anlegen von Kohlenstoffspeichern im Boden oder in langlebigen kohlenstoffbasierten Produkten.

Die Karbonisierung von Biomassen ist eine Möglichkeit zur Stoffwandlung hin zu langzeitstabilen Kohlenstoffverbindungen. Die Abbildung 1 zeigt die

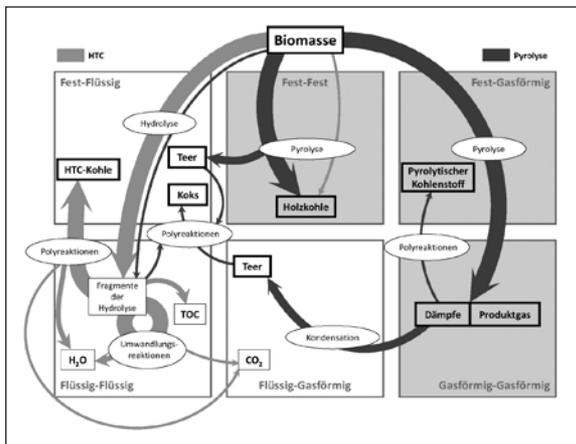


Abbildung 1: Konversionswege von Biomassen (Libra et al., 2011)

verschiedenen Konversionswege der Karbonisierung von Biomassen auf und charakterisiert die Produkte.

Die Prozesstemperaturen sowie die Anwesenheit von Wasser und Sauerstoff bestimmen die Masseanteile der entstehenden gasförmigen, flüssigen und festen Produkte. Hierbei wird deutlich, dass es in Abhängigkeit von Biomasseart und Prozessführung möglich ist, Biokohlen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften herzustellen. Unterschiede treten bei den Energiebilanzen und Nebenprodukten auf, lassen sich aber auch in erheblichem Maß durch die Prozessführung beeinflussen. Biomassen mit geringen Trockenmassegehalten eignen sich hervorragend für die hydrothermale Karbonisierung (HTC). Der Begriff steht etwa für „wässrige Verkohlung bei erhöhter Temperatur“. Der Prozess, der die in der Natur in 50.000 bis 50 Millionen Jahren ablaufende Braunkohle-Entstehung („Inkohlung“) innerhalb weniger Stunden technisch nachahmt, wurde von Friedrich Bergius erforscht und erstmals im Jahre 1913 beschrieben und von Markus Antonietti in den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts erneut in unser Bewusstsein gerückt. Am Leibniz-Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim (ATB) beschäftigt sich seit 2009



Abbildung 2: Biokohle-Technikum des ATB mit HTC-Anlagen. 1 L Reaktor (links, unter Abzug) und 18 L Reaktor (rechts, in Einhausung)

eine Nachwuchsforschergruppe mit der Integration von Karbonisierungsprozessen in die Nutzungskaskade von Biomassen mit einem Schwerpunkt in der Kopplung von Biogaserzeugung und hydrothormaler Karbonisierung von Reststoffen (Mumme et al., 2011, 2014). Abbildung 2 gibt einen Blick auf die beiden HTC-Anlagen am ATB, im Maßstab von 1 und 18 L.

Insbesondere beim HTC-Verfahren wird deutlich, dass es in Abhängigkeit von Biomasse und Prozessführung möglich ist, Biokohlen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften herzustellen. Unterschiede treten auch bei den Energiebilanzen und Nebenprodukten auf, lassen sich aber auch in erheblichem Maß durch die Prozessführung beeinflussen. Einen umfassenden Überblick über die Karbonisierung von Biomassen geben Libra et al. (2011). Es ist herauszustellen, dass während der thermischen Behandlung unter hohem Druck nicht nur Zellen zerstört werden, aus denen das Wasser austritt und damit von den Feststoffen separiert werden kann, sondern dadurch auch eine Abtötung von pathogenen Keimen einhergeht (Hygienisierung). Dieser Aspekt besitzt gerade bei der Behandlung organischer Reststoffe eine große Bedeutung. Neuere Ergebnisse zu organischen Substanzen in der flüssigen Phase und deren Abhängigkeit von Substrat und Prozessbedingungen haben Becker et al. (2014) veröffentlicht.

Die möglichen Nutzungen von Biokohlen spannen sich von der Verbrennung zur Energiegewinnung (relativ schneller Rückfluss des Kohlenstoffs in die Atmosphäre) über den Einsatz als Bodenfruchtbarkeitsverbesserer in landwirtschaftlich genutzten Böden, als Torfersatzsubstrat oder Hilfsmittel in Biogasanlagen (Mumme et al., 2014) bis hin zur langfristigen Kohlenstoffsequestrierung, um nur einige wichtige Beispiele zu nennen.

Gerade für die kohlenstoffarmen Sandböden im Land Brandenburg sind Maßnahmen zur Verbesserung der Eigenschaften der Böden interessant. Neben der Aufklärung von Wirkmechanismen bei Applikation verschiedener Biokohlen unter definierten

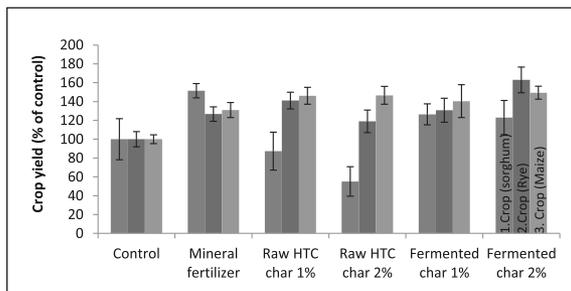


Abbildung 3: Ertragsentwicklung bei Zusatz von HTC-Kohlen (Standort Berge, Mumme unveröffentlicht)

und standardisierten Bedingungen, spielen Feldexperimente (Parzellenversuche) eine wichtige Rolle. In einem dreijährigen Anbauversuch haben sich Unterschiede in der Ertragsbildung gezeigt (Abb. 3), die nur z.T. mit bisher veröffentlichten Daten übereinstimmen. Weiterführende Versuche sind angelegt.

Als Beispiele zur Aufklärung der Wirkung von Biokohlen auf Mikroben sind die Arbeiten von Anjum et al., (under review) und Andert et al. (unveröffent-

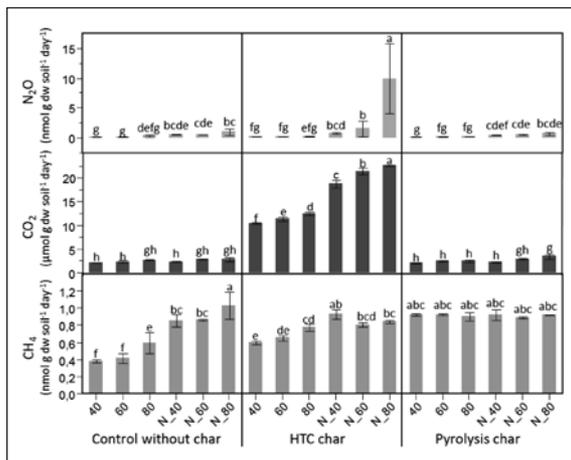


Abbildung 4: Einfluss verschiedener Kohlezusätze und Stickstoffdüngestufen auf die Emission von Treibhausgasen (Andert et al., unveröffentlicht)

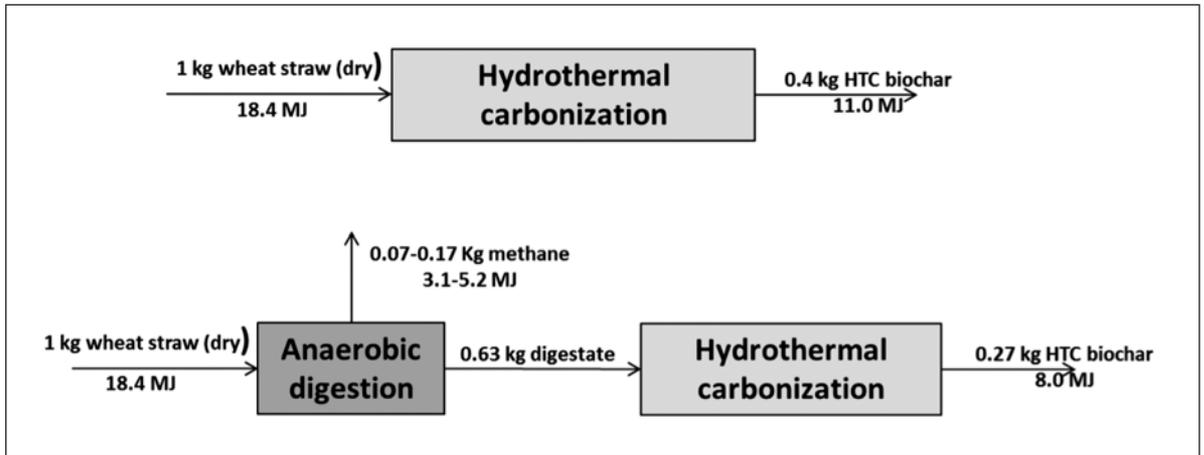


Abbildung 5: Höherer energetischer Wirkungsgrad bei gekoppelten Prozessen (Reza et al., 2014)

licht) zu nennen. Anjum et al. fanden Hinweise auf mögliche mutagene Effekte von Kohle auf anaerob lebende Bakterien. Die durch HTC-Kohle gesteigerte mikrobielle Aktivität führte in den Untersuchungen von Andert et al. zu gesteigerten Treibhausgasfreisetzungen aus einem Kohle-Boden-Gemisch (Abb. 4).

Kaskadische Nutzung von Biomassen bedeutet aber auch Verwertungsstufen gezielt miteinander zu koppeln. Die Wirkungen einer Verknüpfung von Biogaserzeugung und HTC der Gärreste wurden im ATB untersucht (, ). Exemplarisch ist in Abbildung 5 der energetisch bewertete Materialfluss dargestellt. Der nächste Schritt ist der Einsatz von Biokohle im Biogasprozess (Mumme et al., 2014). Hierin kann der Einsatz von Biokohle eine beginnende Ammonium-Hemmung unterbinden und darüber hinaus die Struktur der Mikroflora positiv beeinflussen. Die Ergebnisse zeigen einen erhöhten Anteil methanbildender Mikroorganismen nach der Zugabe von Biokohle. Biokohle kann zudem als direkte Nahrungsquelle für die Mikroorganismen dienen, wodurch der Ertrag an Biogas steigt. Insbesondere Biokohlen, die mittels hydrothormaler Karbonisierung, einer milden und dadurch energieeffizienten Form der Biokohleer-

zeugung, hergestellt wurden, sind für den Einsatz in Biogasanlagen geeignet. Im kombinierten Verfahren Biogas-Biokohle kann auch das während der hydrothermalen Karbonisierung anfallende Prozesswasser als gut vergärbare Biomasse in den Biogasermenter eingespeist werden (Wirth & Mumme, 2013). Im Gesamteffekt der Verfahrenskopplung lässt sich der energetische Wirkungsgrad gegenüber den Einzelprozessen steigern (Funke et al. 2013; Reza et al., 2014).

Biokohle kann genau dort wirken, wo die Biogaserzeugung an ihre Grenzen stößt: Beim Einsatz stickstoffreicher Biomassen, zur Erhöhung der Ausbeute aus schwer aufschließbaren Biomassen, zur Minderung von Stickstoffemissionen aus Gärresten und für die Versorgung des Bodens mit stabilem Kohlenstoff.

Bisher verfügbare ökonomische Bewertungen machen die starke Abhängigkeit der Kosten der Biokohleerzeugung von den Ausgangsmaterialien und gewählten Prozessen deutlich. Die Rentabilität wird andererseits von der Verwendung und dem sich daraus errechnenden Nutzen der Kohlen bestimmt. Einzelne Nutzeffekte, wie z. B. Hygienisierung lassen sich zudem schwer monetarisieren (Teichmann, 2014).

Die Kenntnisse über die verfahrenstechnischen Möglichkeiten zur Karbonisierung von organischen (Rest-)Stoffen und der Gesteungskosten von Biokohlen lassen ethische Fragen aufkommen, auf die abschließend eingegangen wird. So z.B. die Frage, ob es legitim ist, (nach heutigem Kenntnisstand unbedenkliche) Möglichkeiten der Kohlenstoffsequestrierung aus Kostengründen nicht zu nutzen, wenn wir gleichzeitig weiterhin fossilen Kohlenstoff verbrennen und dafür keine kostendeckenden Gebühren erhoben werden, oder weil andere Maßnahmen kostengünstiger den Treibhauseffekt bremsen können?

Zusammenfassend lässt sich die Titelfrage mit sowohl als auch beantworten. So bildet ein Karbonisierungsprozess einen sinnvollen Abschluss der Nutzungskaskade von Biomassen. Die Verwendung der Biokohle entscheidet aber darüber, welche Wirkung und welchen Nutzen die Biokohle erzielt und wann der Kohlenstoff in den kurzfristigen(biologischen) Kreislauf zurückkehrt.

#### *Quellenverzeichnis:*

Anjum, R., Krakat, N., Reza, M.T., Klocke, M. (under review): Assessment of mutagenic potential of pyrolysis biochars by Ames Salmonella/mammalian-microsomal mutagenicity test. *Ecotoxicology and Environmental Safety*

Becker, R., Dorgerloh, U., Paulke, E., Mumme, J., Nehls, I. (2014): Hydrothermal Carbonization of Biomass: Major Organic Components of the Aqueous Phase, *Chem. Eng. Technol.* 2014, 37, No. 3, 511–518, DOI: 10.1002/ceat.201300401

Funke, A., Mumme, J., Koon, M., Diakité, M. (2013): Cascaded production of biogas and hydrochar from wheat straw: energetic potential and recovery of carbon and plant nutrients. *Biomass and Bioenergy* 56, 229-237. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.08.018>)

Global Carbon Project (2014): [WWW.globalcarbonproject.org](http://WWW.globalcarbonproject.org)

Kern, J., Dicke, C., Libra, J., Mumme, J. (2011): Biokohle: Ein Kohlenstoffspeicher, der die Böden verbessert, *ForschungsReport* 2/2011, S. 28-30

Libra, J.A., Ro, K.S., Kammann, C., Funke, A., Berge, N.D., Neubauer, Y., Titirici, M., Fühner, C., Bens, O., Kern, J., Emmerich, K.-H. (2011): Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis, *Biofuels* (2011) 2(1), 71-106

Mumme, J., Eckervogt, L., Pielert, J., Diakité, M., Rupp, F., Kern, J. (2011): Hydrothermal carbonization of anaerobically digested maize silage. *Bioresource Technology* 102, 9255 - 9260. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2011.06.099>)

Mumme, J., Srocke, F., Heeg, K., Werner, M. (2014): Use of biochars in anaerobic digestion. *Bioresource Technology* 164, 189-197. doi: 10.1016/j.biortech.2014.05.008

Reza, M.T., Werner, M., Pohl, M., Mumme, J. (under review): Integration of Biogas and Biochar Concepts for Higher Bioenergy Yield. *Journal of Visualized Experiments*.

Teichmann, I. (2014): Klimaschutz durch Biokohle in der deutschen Landwirtschaft: Potentiale und Kosten, *DIW Wochenbericht* Nr. 1+2.2014, 13 S.

Wirth, B., Mumme, J. (2013): Anaerobic Digestion of Waste Water from Hydrothermal Carbonization of Corn Silage. *Applied Bioenergy* 1, 1-10. (<http://dx.doi.org/10.2478/apbi-2013-0001>)

## Diskussion



HARTUNG, KIEL

Sie haben gesagt, wenn sie das in den Boden tun, verändern sie den ganzen Boden. Gibt es eigentlich Hinweise, wo und wie das da hinein sollte, längs, quer, Verteilung? In welchem Bodenlevel das ausgebracht würde? Wenn ich das durch intensives Einarbeiten in den Boden bringe, besteht da nicht die Gefahr, dass ich den Teufel mit dem Beelzebub austreibe? Das heißt, dass der Kohlenstoff, der vorher im Boden war, durch das intensive Einarbeiten wieder ausgearbeitet wird.

ANTWORT

Die Frage ist absolut berechtigt. Mit dieser Frage beschäftigen sich natürlich unsere Partner von der Bodenforschung, insbesondere Herr Glaser von Halle, sehr intensiv. Fakt ist, da sind wir wieder als Verfahrenstechniker gefordert, wir haben noch keine adäquate Technologie. Aus der Sicht der gleichmäßigen Verteilung müsste die möglichst klein verteilt in der Oberfläche bleiben, damit sie vor allem ihre wasserbindende Kapazität zum Nutzen der Pflanzen machen kann. Dafür haben wir noch nicht die richtige Technologie, sondern die wird in der Regel, wo sie experimentell ausgebracht wird, mit einem Dungstreuer ausgestreut und untergepflügt oder anders eingearbeitet. Da haben wir noch keine Aussage, wie sich auch unterschiedliche Ausbringungen und Einarbeitungstechnologien auf die Kohlenstoffdynamik im Boden überhaupt auswirken. Es ist eine ganz spannende Frage. Die haben wir gestern mit der Direktboden-

bearbeitung auch schon einmal kurz andiskutiert. Da haben wir noch viele offene Fragen.

HORN, KIEL

Vielen Dank für den Vortrag, der wiederum zeigt, wie vielgestaltig die Herangehensweise an solche Fragestellungen ist. Wenn man das von der bodenbrüchigen Seite betrachtet, dann würde ich als erstes sagen „Stopp“. Wo muss ich das hinbringen? Mit Sicherheit bitte nicht an die Oberfläche, denn in dem Moment, wo sie es an der Oberfläche ablegen, haben sie eine perfekte Hydroformisierung des Bodens, d. h., es fließt kein Wasser mehr rein in den Boden. Von daher bitte da nicht, sondern tiefer einarbeiten. Sie können Zweifels ohne sofort definieren: Achtung, damit kann ich versuchen, die Pflanzenwurzel tiefer runter zu treiben, denn da unten könnte man ein bisschen Wasser speichern. Das hängt ja sehr stark von der Temperatur ab, mit der die Sache hergestellt worden ist. Da gibt es doch deutliche Unterschiede bei 300, 400, 500, 600 Grad hergestellten Kohlen. Die zeigen nicht das gleiche Verhalten draußen im Freiland, auch nicht im Labor. Haben sie dazu Erfahrungen?

ANTWORT

Auf dem Freiland haben wir mit diesen unterschiedlich hergestellten Kohlen aus dem gleichen Substrat mit unterschiedlichen Temperaturen noch keine Freilandversuche, aber im Labor sind Versuche angefertigt worden. Herr Mummie, können sie da Details ergänzen?

MUMME, POTSDAM

Vielleicht insofern, dass wir aktiv Versuche machen, um erst einmal die Stabilität der Kohlen zu kennzeichnen. Das ist natürlich so. Je höher die Temperatur, umso höher ist die Stabilität. Nächste Frage wäre. Wie sieht es mit der Oberfläche, mit der Porosität dann aus? Wie sieht es mit den funktionellen Gruppen aus? Natürlich, das unterscheidet sich auch nach Temperatur und der Eingangsbiomasse. Ich denke, wir sind noch nicht da, wo wir sagen können, der Boden mit dem und dem Problem, der braucht diese und jene Kohle. Da sind wir mit Sicherheit noch nicht. Wir denken auch an hydrothermalen Kohle, da sind wir eher noch in einem Bereich Torf, Torfersatz, sehr stabiler Torf, der eine langsam fließende Kohlenstoffquelle darstellt mit der Pyrolysekohle. Da sind wir teilweise dann bei 1.000 Jahren mittlerer Verweilzeit. Das ist eigentlich eine ganz andere Welt. Vielleicht macht es auch Sinn, Dinge zu kombinieren. Ich denke es hängt ganz stark davon ab, wo hat der Boden das Problem. Alles andere muss man dann natürlich gucken mit der Biokohle, die Eigenschaften der Biokohle, plus Einbringung, plus Acker- und Pflanzenbau, das dann so zu gestalten.

ANTWORT

Wir wollen auf keinen Fall, so wie das mit anderen Technologien teilweise gemacht wird, jetzt die Kohle irgendwo als Allheilmittel verkaufen, sondern wir wollen seriös die Zusammenhänge verstehen, die passieren, wenn man solche verkohlten Biomassen in landwirtschaftliche Böden mit schwachem Kohlenstoffgehalt einbringen will, die sonst in der komplexen Systemwirkung möglichst langfristig wirken. Das ist unser Anspruch. Gleichwohl erwartet jeder immer auch Zwischenresultate und will wissen, was habt ihr denn mit dem Geld gemacht, was wir euch gegeben haben.

KEMPER, HANNOVER

Sie sagten ja gerade schon selbst, Biokohle, wenn man so die aktuelle Diskussion verfolgt, wird ja oft als Allheilmittel dargestellt. Sie hatten die Liste der An-

wendungen auch schon aufgeführt. Ich komme aus dem Bereich Tierhygiene und Tiere. Mich würde interessieren, wie sie die Anwendungen im Tierbereich bewerten, weil, wenn man so auf die Webseiten der kommerziellen Anbieter guckt, wird da ja empfohlen Biokohle als Futterzusatz, Biokohle als Einstreu, hygienisierende Wirkung der Biokohle allgemein und soweit mir bekannt, gibt es da wenige wissenschaftliche Untersuchungen. Da würde mich ihre Einschätzung interessieren.

ANTWORT

Die wissenschaftlichen Untersuchungen basieren natürlich zunächst erst einmal auf der physikalisch-chemischen Charakterisierung von Kohlen unterschiedlicher Herstellung, also aus unterschiedlichen Substraten, in unterschiedlichen Prozessen hergestellt. Da gibt es schon mal Welten dazwischen. Prinzipiell haben die Kohlen, genau wie die aktiven Biokohlen, die so hergestellt werden, wie die Medizinkohle oder medizinische Aktivkohle, durchaus bestimmte Effekte, die gesundheitsfördernd sein können. Es ist natürlich auch darauf zu achten, dass man nicht alles das, was aus dem Reaktor kommt, nachher vor das Tier legt, sondern wir müssen darauf achten, dass bestimmte Schadstoffe rausgewaschen werden. Das kann man technisch alles machen. Wir wollen zunächst erst einmal zeigen, was man machen kann und was man nicht machen kann und auch deutlich sagen und dann ergeben sich daraus auch die Einsatzbedingungen. Auch gerade die kommerziellen Anbieter, was sie ansprechen. Die suchen natürlich auch nach den werthöchsten Verwendungszwecken und wenn ich mit einer Biokohle in den Aktivkohlemarkt käme, dann hätte ich natürlich eine hohe Wertschöpfung. Wenn ich das an den Landwirt verkaufe, damit der das in den Boden vergräbt, habe ich eine geringere Wertschöpfung zu erwarten.

SCHNEIDER, POTSDAM

Was wissen wir über die Persistenz dieses Materials? In welchen Raten wird es abgebaut? Sie haben eben den Wert gezeigt, dass sogar der CO<sub>2</sub>-Austrag,

der gasförmige, ansteigt. Was wissen wir über DOC? Ich habe eigene Versuche mit schwefelfreier Braunkohle durchgeführt und man sieht einfach, wie solche Substratkomponenten binnen weniger Wochen von Hyphen, von Grünzen durchdrungen und von Bakterien erschlossen werden. Da würde man annehmen, dass die dann präferenziell, weil sie ja Nährstoffe und Wasser aufnehmen, abgebaut werden. Wissen wir darüber etwas? Gibt es einen Erfahrungswert, mit wieviel Aufwandsmengen müssen wir denn an einen Acker rangehen, um einen Preis zu bekommen? Wo landen wir da, um einfach einen Boden Grund zu sanieren, so einen typischen brandenburgischen Boden?

#### ANTWORT

Da fange ich mit der zweiten Frage an, weil die erste Frage zum Teil beantwortet ist. Wir können keine Empfehlung aussprechen, solange wir die Langzeitstabilität unter den verschiedenen klimatischen Bodenbedingungen nicht wirklich zuverlässig bewerten können. Das war damit die abschlägige Antwort auf ihre erste Frage. Herr Mumme hatte kurz gesagt, über die Pyrolysekohlen weiß man mehr. Über die HDC-Kohlen weiß man noch relativ wenig und am Ende können wir ja auch nur über markierten Kohlenstoff wirklich rauskriegen, welcher Kohlenstoff dann umgesetzt wird. Die Kollegen, die sich mit diesen Fragen beschäftigen, sagen auch, experimentell ist das nicht so ganz ohne. Dazu sind meines Wissens auch Versuche angelaufen, aber wir haben noch keine Ergebnisse oder Herr Mumme, fehlt mir ein Stück?

#### MUMME, POTSDAMM

Kurz zur Ergänzung. Vom Freilandversuch, den wir seit 2011 machen, können wir jetzt noch keine Prognose auf die mittlere Verweilzeit geben. Was ganz hilfreich ist, was auch viele Kollegen machen, wir gucken dann im Labor, mit Laborinkubation, mit C-Messung der Atmosphäre. Es hängt wirklich auch bei der HDC-Kohle stark davon ab, habe ich 180 Grad, 200 Grad, 220 Grad Prozesstemperatur. Wir können einen Bereich von 5 Jahren bis 30 Jah-

ren ziemlich genau einstellen, wie lange die mittlere Verweilzeit sein soll. Vielleicht ist das sogar ein Mittel, um die Wirkung im Boden gezielt dahin zu lenken, wo man sie eigentlich haben möchte. Wir sehen auch, dass wir die freilegenden Azetobacter möglicherweise anfüttern können und eine höhere Stickstofffixierung bekommen, indem wir mit der HDC-Kohle arbeiten. Das sind auch spannende Dinge, wo wir aber noch ganz am Anfang stehen.

#### KÖGEL-KNABNER, MÜNCHEN

Es ist wirklich ganz essenziell wichtig, was am Anfang schon angesprochen wurde, wie man das Material in den Boden einbringt. Die ganze Reaktivität ist davon abhängig, ob sie das fein verteilt einbringen, so macht man nämlich meistens den Laborversuch, da würden wir ein homogenes schönes Experiment produzieren und niedrige Standardabweichungen würden wir ja schön publizieren. Das, was dann im Gelände passiert, ich habe jetzt einen französischen Versuch beprobt, da sind solche Klumpen von relativ resistenter Kohle drin und die sind vor zwei Jahren eingebracht worden. Die sind da noch genauso drin und haben nicht reagiert mit der Mineralfaser. Wenn man das gut nutzen will, dann müsste man versuchen, in die Bodenstruktur einzuarbeiten. Jetzt ist es beim brandenburgischen Sand mit der Bodenstruktur natürlich auch mit Braunkohle, mit Holzkohle begrenzt, aber man könnte da schon natürlich was hinkriegen. Aber alle Ergebnisse hängen ganz stark davon ab, ob man das jetzt fein verteilt, das ist schwierig technisch, oder ob man das ganz groß einbringt. Diese Geländeversuche sind immens wichtig.

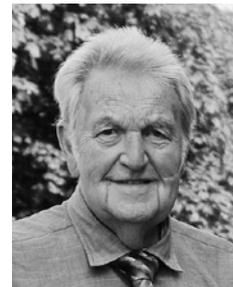
#### ANTWORT

Ich kann ihnen da nur voll zustimmen, auch wenn ich kein Bodenforscher bin. Das ist einfach der Logik folgend und es erklärt auch, für mich zumindest, warum viele Untersuchungsergebnisse im Labor- und im Behälterversuch überhaupt nicht mit dem, was im Feld nachher unter den verschiedenen widrigen Bedingungen gemessen wird, übereinstimmen. Ich bin von Hause aus Landwirt und mich interessiert die

Wirkung als Wissenschaftler im Topf und als Praktiker interessiert mich die Wirkung im Feld. Wir haben die Möglichkeit, im Institut beides zu untersuchen mit unseren Partnern und wir werden weiterhin darauf achten, uns über diese Fragen mehr Gedanken zu machen als das bisher erfolgte. Wenn man wirklich an die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Kohle denkt, dann ist das natürlich was anderes, ob da runderum Sandkörner sind, wie groß der Kohlepartikel ist, um den der Sand rum ist oder ob ich einen dicken Kohleklumpen habe, um den dann, verglichen mit der Oberfläche, die ich zwar theoretisch ausgebracht habe in der Fläche, aber die ist nicht wirksam in unmittelbarer Form, so, wie ich das vielleicht erwartete habe. Da haben wir noch eine ganze Menge zu tun. Die Frage ist dann für mich wirklich nur, ob man uns weiterhin auch Geld gibt, das tun zu lassen, wenn ich vorher zeigte, dass das ja sowieso bloß 1 % höchstens sein kann, Beitrag zu irgendwelcher Kohlenstoffproblematik zu lösen. Man liest dann häufig, dass in Bezug gesetzt wird die Bundesregierung hat ein CO<sub>2</sub>-Einsparungsziel im Jahr 2030, 2050, was immer, von so und so viel Megatonnen und diese Maßnahme kann ein Beitrag von irgendwas „peanuts“ bringen. Da ist man dann sehr schnell dabei, zu sagen, das ist so marginal, das können wir auch lassen. Wenn ich aber an die Studie des Bundesumweltamtes zu dem Treibhausgas emissionsfreien Deutschland denke, da fällt den Verfassern der Studie offensichtlich für die Landwirtschaft nichts ein und das ist nicht der Realität gemäß. Das heißt, wenn diesen Leuten dann nur einfällt, wir müssen Tiere abschaffen, weil die so viel Treibhausgasemission machen. Das ist der einzige Beitrag der Landwirtschaft zur Senkung des Treibhausgasemissionspotentials der Bundesrepublik. Dann sage ich, da haben wir uns mit unseren Erkenntnissen und Ergebnissen zu schlecht verkauft in der Öffentlichkeit, wenn wir nicht einmal von den Fachleuten des Bundesumweltamtes dazu wahrgenommen werden und die machen dann wieder Politikberatung und irgendwann wundern wir uns. Herr Schneider vom Geoforschungszentrum CO<sub>2</sub>-Verpressung, Versuchseinrichtung in Ketzin, nach Potsdam, hat Milli-

onen gekostet, war ein Experimentalbau, der wichtig war, um Erkenntnisse zu gewinnen, aber, wenn wir im Agrarbereich grundlegende Investitionen brauchen, um durchgreifende Erkenntnisse zu erzielen, da sagen unsere Finanziere, naja, wenn du das für 400.000 Euro machen kannst, dann kann ich dir das Geld geben. Dann bitte in drei Jahren einen Abschlussbericht und fertig. So wird das nicht funktionieren. Ich bin auch über diese Situation etwas erbost. Wenn wir über Forschungsinfrastruktur mit dem BMBF reden, die hier sitzen, werden das selten tun, aber andere tun das, da geht es um mindestens 15 Mio. Euro Investition. Wenn wir in unsere Institute gucken, da haben wir in der Regel nicht dieses Investitionserfordernis, aber in dem Verbund, in dem wir miteinander arbeiten an großen Herausforderungen, die wir hier charakterisiert haben, in dem Verbund, der aber meistens keine juristische Person ist und damit sind wir nicht antragsstellungsberechtigt, sondern da fallen wir hinten runter. Ich wollte damit sagen: Wenn wir wirklich Innovation, wie sie hier auch mit Sky-Farming beschrieben worden ist, im Agrarbereich durchsetzen wollen, dann müssen wir auch mit dem Kleinkrieg unserer Zuwendungsgeber für Projekte, die müssen wir dann mal angehen und müssen ein Bewusstsein in der Gesellschaft schaffen und darum geht es mir, ich will da niemanden zu irgendetwas zwingen. Ich will ein Bewusstsein dafür schaffen, dass die modernen Agrarwissenschaften in Deutschland Antworten geben können auf die großen Fragen in der Welt und dass wir dafür auch eine adäquate Forschungsausstattung brauchen, sowohl an den Universitäten als auch an den außer-universitären Forschungseinrichtungen und nicht mit diesem Klein in Klein. Da kommen wir immer nur zu kleinen Ergebnissen, die am Ende nicht zusammenpassen. Das ist meine Erfahrung in einem interdisziplinär arbeitenden Institut, dass es verdammt schwierig ist, selbst bei gutem Willen, einzelne Forschungsergebnisse in einem komplexen Zusammenhang zu setzen.

# Entstehung und Entwicklung der Hülseberger Gespräche



Gern bin ich der Einladung gefolgt, aus Anlass der 25. Hülseberger Gespräche deren Entstehung und Entwicklung kurz darzustellen. Auch etliche Jahre nach meinem Ausscheiden aus dem Stiftungsvorstand habe ich immer noch eine Herzkammer frei für die Belange der Heinrich Wilhelm Schaumann-Stiftung. Und da ich bereits an den 2. Hülseberger Gesprächen – 1967 – mit einem Referat beteiligt war und seitdem fast regelmäßig in verschiedenen Funktionen mit dabei war, habe ich für die mir zugedachte Aufgabe wohl auch einen gewissen Überblick.

Veranstaltungen wie die Hülseberger Gespräche werden ins Leben gerufen, wenn dafür wichtige Gelegenheiten zusammentreffen, wie z.B.:

- Drängende Probleme und Entwicklungen in relevanten Bereichen, in diesem Falle vor allem in solchen, die mit Wissenschaft und Praxis der Landwirtschaft, Tierproduktion und Veterinärmedizin verbunden sind.
- Wachsender Bedarf an integrierter und interdisziplinärer Wissensbegründung, Wissensvermittlung und Diskussion.
- Persönlichkeiten mit Pioniergeist, Entwicklungsvisionen und praktischem Sinn für Handlungsbedarf.

Eine solche Persönlichkeit war Heinrich Wilhelm Schaumann. Aus Anlass des 25-jährigen Bestehens seiner Firma brachte er führende Tierwissenschaftler auf dem Gut Hülseberg zu einem Gedankenaustausch zusammen. Unter diesen befanden sich auch

die Wissenschaftler, die mit der Gründung und Entwicklung der Hülseberger Gespräche eng verbunden waren. Auch sie waren Pioniere ihrer Wissenschaft und zukunftsorientierte Macher. Als Beispiele hierfür erwähne ich Professor Wöhlbier, damals Vorsitzender der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere, und als Kuratoren der 1967 gegründeten H. W. Schaumann-Stiftung die Professoren Brüggemann, Kirsch und Lenkeit.

1967 wurde die Heinrich Wilhelm Schaumann-Stiftung gegründet, womit auch für die Hülseberger Gespräche ein dauerhaftes Fundament gelegt war. Dem Kuratorium der Stiftung, derzeit geführt von Herrn Dr. Weisthoff, obliegt die immer wieder reizvolle Aufgabe, die Hülseberger Gespräche thematisch zu konzipieren, kompetente Referenten zu benennen und mit der jeweiligen Diskussionsleitung einen erfolgreichen Ablauf der Gespräche zu gewährleisten.

Der Vorstand der Stiftung, die Herren Prof. Kalm und Prof. Breves, und vorher repräsentiert von den Vorsitzenden Prof. Heigener und Prof. Gravert, organisiert die Hülseberger Gespräche, von der Einladung bis zur Veröffentlichung der Ergebnisse.

Nachdem ich so die Hülseberger Gespräche etwas eingerahmt habe, blende ich nochmal zurück auf den Beginn. 1965 fand die erste Veranstaltung dieser Art statt, und zwar, passend zum genius loci, im Versuchsgut Hülseberg. Sie war sehr vom Hochschulstandort Hohenheim des Mitbegründers Prof. Wöhlbier geprägt. In einem Bericht heißt es:

*Das Gesprächsforum war derart fruchtbar, dass der Gedanke aufkam, solche Zusammenkünfte zu wiederholen.*

In diesen Tagen läuft nun bereits die 24. Wiederholung dieser Veranstaltung. 1967 wurden die zweiten Hülsenberger Gespräche organisiert, an die ich mich aus eigener Mitwirkung ganz gut erinnern kann. Veranstaltungsort war natürlich Hülsenberg. Die Gespräche waren pointiert und intensiv. Strukturell gab es drei von den Kuratoren Kirsch, Lenkeit und Brüggemann geleitete Arbeitskreise, in denen dann auch im wesentlichen Referenten aus deren jeweiligem Mitarbeiterstab tätig wurden. Entsprechende Themen waren z.B. Gefügelzucht und Broilerfütterung, Skelettmineralisierung bei Ferkeln, Mikroorganismen als Umweltfaktoren in der Tierhaltung, sowie endokrine Zyklussteuerung und biotechnische Verfahren bei Nutztieren.

Fragt man nach den Inhalten der bisher durchgeführten 25 Hülsenberger Gespräche, so können dazu nur Kategorien aufgezeigt werden, in denen sich die Programme inhaltlich bewegen.

Zu den ersten 5 Gesprächen gab es noch kein Generalthema, sondern es wurden jeweils aktuelle Probleme der Rinder- und Schweineproduktion erörtert.

Die Generalthemen der 15 Hülsenberger Gespräche von 1976 bis 2004 können folgenden Kategorien zugeordnet werden:

Allgemeine Probleme der Erzeugung von Milch, Fleisch und Jungtieren wurden in 4 Hülsenberger Gesprächen diskutiert. Dreimal ging es um Lebensmittelsicherheit, Verbraucherschutz und Umweltschutz. Ebenfalls 3 Gespräche befassten sich mit Gesundheit und Fruchtbarkeit der Nutztiere. Je eine Veranstaltung war folgenden Generalthemen gewidmet: Wirtschaftseigene Futtermittel, Tierhaltung und Tierschutz, Biotechnologie, Ökonomische Probleme und Entwicklungen und Mikrobiologische Probleme der Ernährung.

Die letzten 5 Hülsenberger Gespräche befassten sich mit folgenden Generalthemen:

- 2006: Fortschritte in der Tierzucht und Tierhaltung.
- 2008: Perspektiven der landwirtschaftlichen Energieerzeugung.
- 2010: Wiederkäuerernährung..
- 2012: Zusatzstoffe in der Ernährung.
- 2014, das sind nun die 25. Hülsenberger Gespräche, diskutieren wir über agrarische Biomasse, also über ein wichtiges Zukunftsfeld der Bioökonomie.

An diese kurze Rekapitulation der Themenbereiche lassen sich einige Bewertungsaspekte der Hülsenberger Gespräche anknüpfen:

Die Hülsenberger Gespräche waren und sind stets hoch aktuell, was zukunftsorientierte Aspekte ebenso einschließt wie die praktischen Entwicklungsperspektiven im Agrarsektor. Mit den Themen oft verbundene agrarpolitische Relevanz beflügelt zusätzlich die Diskussion.

Die Authentizität der Referate und der stets konstruktiven Diskussionsbeiträge sind im hohen Sachverstand aller Beteiligten begründet. Alle waren und sind erlesene Fachleute ihrer Disziplin und Aufgabenbereiche. Den wissenschaftlichen und praktischen Entwicklungen jeweils Rechnung tragend, wurden Molekularbiologen ebenso als Referenten eingeladen wie auch Ethologen, Ethikwissenschaftler, Psychologen oder Medienexperten. Auch die breite institutionelle Beteiligungspalette einschließlich internationaler Präsenz verdient in diesem Zusammenhang besondere Erwähnung.

Der Gesprächscharakter einschließlich der sehr konstruktiven Diskussionskultur gewährleisteten breiten Gedankenaustausch ohne Zeitdruck, wodurch sich die Hülsenberger Gespräche wohlthuend von der häufig unvermeidbaren Hektik wissenschaftlicher Großveranstaltungen abhebt.

Die Veröffentlichung der Referate und Diskussionen sorgt für fachliche Breitenwirkung.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die bisher veranstalteten 25 Hülsenberger Gespräche den ihnen zgedachten Zweck und die mit ihnen verbundenen Erwartungen optimal erfüllt haben. Die vom früheren Stiftungskurator Prof. Heiner Karg seinerzeit getroffene Feststellung, dass wir ohne die Hülsenberger Gespräche alle um einen Erfahrungshorizont ärmer seien, münze ich um in das Statement, dass uns die Hülsenberger Gespräche an Erkenntnissen sowie auch an sozialen und geselligen Erfahrungen reicher gemacht haben.

Gern bringe ich abschließend zum Ausdruck, dass alle Teilnehmer es immer hoch geschätzt haben, dass Sie, verehrte Herren Olivier und Charles Seiller, als Gesellschafter der Unternehmensgruppe Schaumann, den Hülsenberger Gesprächen stets Ihr Interesse und Ihre Zeit gewidmet haben, und dass die Durchführung der Hülsenberger Gespräche über die Heinrich

Wilhelm Schaumann-Stiftung ermöglicht wird. Ich schließe hier auch ein Gedenken an Herrn Schaumann und seine Gattin Irene Schaumann ein, deren Versuchsgut Hülsenberg, das wir anschließend in seinem heutigen Format vorgestellt bekommen und besichtigen werden, sowohl Ausgangsort als auch Namensgeber unserer Veranstaltung ist.

Prof Brüggemann hat 1967 in seiner Begrüßung zu den 2. Hülsenberger Gesprächen der Veranstaltung einen festen Platz in der Zukunft der wissenschaftlichen Kommunikationsmöglichkeiten gewünscht. Seine Hoffnung hat sich erfüllt. Ich schließe mit der Gewissheit, dass den 25. Hülsenberger Gesprächen viele weitere folgen werden, und dass diese sich weiterhin durch ihren hohen Informationswert für Wissenschaft und Praxis und ihren besonderen Veranstaltungscharakter auszeichnen und bewähren werden.



# Zur Rolle östlicher Getreidenationen bei der Mobilisierung globaler Getreidemarktpotenziale: Nutzen oder blockieren diese ihre Markt- und Wachstumschancen?<sup>1</sup>

## Einleitendes

Wenn man einerseits Überlegungen zur nachhaltigen und innovativen Erschließung agrarischer Markt- und Wachstumspotenziale in einem globalen Maßstab anstellt und andererseits die sich seit Anfang des Jahrtausends ändernden Knappheitsverhältnisse auf den Weltagrarmärkten vor Augen hat, dann kommt man nicht drum herum, osteuropäischen und zentralasiatischen Transformationsländern Aufmerksamkeit zu schenken.

Einerseits wird den Transformationsländern im Osten, wie im Übrigen auch vielen „aufstrebenden“ Ökonomien rund um den Globus eine erhebliche Bedeutung für die Weltgetreidemärkte und damit für die globale Nahrungsmittelversorgung zugesprochen. Dies gilt speziell für die großen Getreidenationen, Russland, Ukraine und Kasachstan im internationalen Maßstab, aber etwa auch für kleinere Länder, wie etwa Serbien, die wichtige Getreidelieferanten in angrenzenden Regionen sind. Betrachtet man etwa „das weite Land“ und die schier unbegrenzten Flächen gerade der Russischen Föderation, aber auch in Kasachstan, dann kann man über deren agrarische Nutzungsmöglichkeiten ins „Schwärmen“ gelangen.

Auf der anderen Seite steckt der Agrarsektor trotz bemerkenswerter Erfolge in vielen Ländern (noch immer) in einem postsozialistischen Dilemma. Er hat einerseits mit einem recht persistenten Korsett postsozialistischer Strukturen zu kämpfen und muss gleichzeitig der Dynamik und Verflechtung marktwirtschaftlicher Prozesse gerecht werden. So behindern „altbackene“ ordnungspolitische Vorstellungen (wie unklare Verfügungsrechte oder ad hoc orientierte Markt Zugangsbeschränkungen) festgewachsene Strukturen und Rahmenbedingungen (wie monopolartige Marktstrukturen, erhebliche Infrastrukturdefizite oder auch Verflechtungen zwischen Wirtschaft und Politik (Korruption) sowie unternehmerische Defizite im betrieblichen Management eine wirtschaftlich effiziente Nutzung landwirtschaftlicher Ressourcen und damit das Wachstum im Sektor. Entsprechend treten Zweifel auf, ob diese Länder in absehbarer Zeit in der Lage sein werden, die ihnen nachgesagten Produktions- und Marktpotenziale zu mobilisieren.

Hier setzt der vorliegende Beitrag an. Er beschäftigt sich mit der Frage, welche Rolle östliche Nationen bei der Mobilisierung von globalen Getreidemarktpotenzialen einnehmen. Konkret werden zwei Fragen

beantwortet: Erstens, welche Markt- und Wachstumspotenziale sind gemäß der vergangenen Entwicklung und auf der Basis verschiedener Prognosen zu erwarten? Und zweitens, auf welche Hindernisse treffen Getreideproduzenten im Osten in der nachhaltigen Verfolgung ihrer Wachstums- und Marktchancen in der Getreidewirtschaft?

Der Beitrag berichtet aus einigen zum Teil noch laufenden Arbeiten des IAMO im Kontext verschiedener Forschungsprojekte<sup>2</sup>. Dabei wird zunächst an die jüngsten Entwicklungen auf den internationalen Getreidemärkten erinnert. Daran anknüpfend werden die Wachstums- und Marktchancen im Getreidesektor aufgezeigt. Schließlich wird der Frage nachgegangen, auf welche Hindernisse östliche Getreideproduzenten in der nachhaltigen Realisierung ihrer Wachstums- und Marktchancen treffen. Hierbei wird auf drei Wachstumshemmnisse eingegangen, welche die Mobilisierung von Produktions- und Marktpotenzialen beschränken. Dazu zählen problematische Handels- und Marktpolitiken, die geringe Ausschöpfung von Produktionsreserven und erhebliche Defizite in der Vermarktungsinfrastruktur.

### **Entwicklungen auf internationalen Getreidemärkten**

Zunächst zu den Entwicklungen auf internationalen Getreidemärkten in den vergangenen 10 bis 15 Jahren. Wie bekannt, kam es in den letzten Jahren wiederholt zu starken Preissteigerungen. Besonders ausgeprägt waren diese in den Wirtschaftsjahren 2007/08 und 2010/11. Damit wurde einmal mehr die seit Jahrzehnten geführte Diskussion um die Sicherung der Welternährung belebt. Wie es zu den Preisentwicklungen gekommen ist, wurde bereits in der Wissenschaftsgemeinschaft, wenn auch noch nicht abschließend, erörtert (z.B. Abbott et al. 2008; Headey and Fan 2008).

Strukturell übersteigt das längerfristige Nachfragewachstum, getrieben durch das Bevölkerungs- und Einkommenswachstum sowie veränderte Konsumgewohnheiten insbesondere in aufstrebenden Ökonomien, seit einigen Jahren das Produktionswachstum. Gleichzeitig wurden die Weltlager für Getreide suk-

zessive abgebaut. Zudem kam es Mitte bis Ende der 2000er zu massiven witterungsbedingten Ernteaussfällen in Hauptgetreideexportregionen, wie etwa Australien, Indien, Ukraine und Russland, die durch „leere“ Lager nicht ausgeglichen werden konnten. Ferner erhöhten sich die Produktions- und Vermarktungskosten in der Agrarwirtschaft, nicht zuletzt in Folge der gestiegenen Rohöl- bzw. Energiepreise. Die subventionierte Ausdehnung der Bioenergieproduktion absorbierte in der Zeitspanne massiv Getreidebestände und hat damit ihren Teil zur Verknappung der Nahrungsmittelproduktion beigetragen und möglicherweise, dies ist jedoch strittig, zu Preissteigerungen geführt. Als Antwort auf die steigenden Agrarpreise haben politische ad-hoc Maßnahmen in Form von Exportrestriktionen in einigen Hauptgetreideexportländern (z.B. Ukraine, Russland, Kasachstan, Argentinien, Indien und Ägypten) das weltweite Getreideangebot kurzfristig merklich verknappt, die Märkte verunsichert und zum Preisanstieg bzw. zur Erhöhung der Preisvolatilität beigetragen.

Mit diesen Preissteigerungen war (und ist) die Sorge verbunden, dass die Ernährung der Weltbevölkerung immer weniger gesichert werden kann. Vor allem in Entwicklungsländern sahen und sehen sich die Menschen in ihrer Existenz bedroht. So konstatierte die Weltbank: „... sieben verlorene Jahre im Kampf gegen den Hunger“ (The Guardian 2008). Allerdings zeigt eine vergleichende Analyse der Auswirkungen hoher Nahrungsmittelpreise in den Jahren 2007/08 auf Haushalte in Entwicklungsländern, dass Preissteigerungen nicht notwendigerweise zu mehr Hunger führen (FAO 2011). Sowohl der erfolgreiche Einsatz von Politiken wie staatliche Lagerhaltung und Sozialpolitiken in einigen Ländern als auch der Status der Mehrzahl der Armen als Landwirte in vielen Ländern sind Gründe für den Rückgang der Prävalenz von Unterernährung im betrachteten Zeitraum (2006/07-2009).

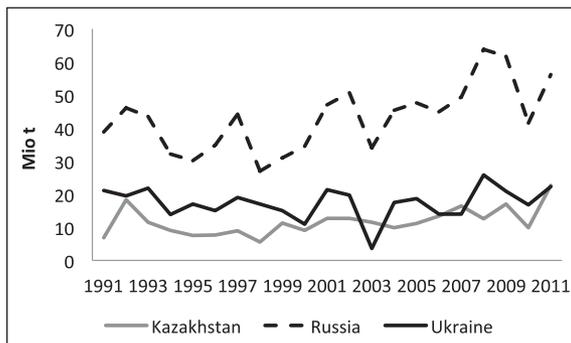
Entsprechend muss auch auf die Chancen, verbunden mit höheren internationalen Agrargüterpreisen, hingewiesen werden. Höhere Preise für Agrargüter eröffnen Einkommensmöglichkeiten im Agrarsektor,

indem nach wie vor ein Großteil der Menschen in Entwicklungs- und Schwellenländern beschäftigt sind. Sie verstärken Produktions-, Investitions- und Innovationsanreize im Sektor, was mittel- bis langfristig dem Welternährungsproblem entgegenwirken dürfte.

Insbesondere den großen Getreideproduzenten im Osten, Russland, Ukraine und Kasachstan, wird bei einer verstärkten Mobilisierung brachliegender Flächen und ungenutzter Produktivitäts-/Ertragsreserven eine erhebliche Bedeutung für die weltweite Getreideproduktion und den internationalen Getreidehandel zugesprochen (Belyaeva und Hockmann 2013; Schierhorn et al. 2014). Entscheidend für den Erfolg bei der Mobilisierung von Getreidemarktpotenzialen, insbesondere in Folge gestiegener internationaler Agrarpreise, wird sein, ob die Preisanreize überhaupt in die nationalen und lokalen Märkte übertragen werden und ob die vorhandenen Produktions- und Marktpotenziale hinreichend ausgeschöpft und realisiert werden können. Dies wiederum wird entscheidend von nationalen Handels- und Agrarpolitiken, lokalen Marktzugangs- und Produktionsbedingungen sowie rechtlich-institutionellen Rahmenbedingungen abhängig sein.

### Markt- und Wachstumschancen osteuropäischer Getreidenationen

Es ist weithin bekannt, dass die Schwarzmeerregion mit ihren ausgezeichneten Bodenqualitäten trotz erheblicher Witterungsrisiken sehr gute natürliche Voraussetzungen für die Weizenproduktion bietet. Nahezu das gesamte Gebiet der Ukraine und weite Gebiete im europäischen Russland weisen beste Böden aus. Im Gegensatz dazu ist die Bodenqualität in Kasachstan eher niedrig. Allerdings stehen Kasachstan erhebliche Flächen für den Ackerbau zur Verfügung. Entsprechend weisen alle drei Länder gewisse Wettbewerbsvorteile in der Getreidewirtschaft und mittlerweile einen weltweit maßgeblichen Produktions- und Exportanteil auf.



Grafik: Entwicklung Weizenproduktion in Russland, Ukraine, Kasachstan (Mio. t)  
Quelle: OECD-FAO Agricultural Outlook 2013–2022

Region (08/09)	Produktion (Mio. t)	Weltanteil (%)
Russland	60	9
Ukraine	20	3
Kasachstan	15	2
Alle	95	14

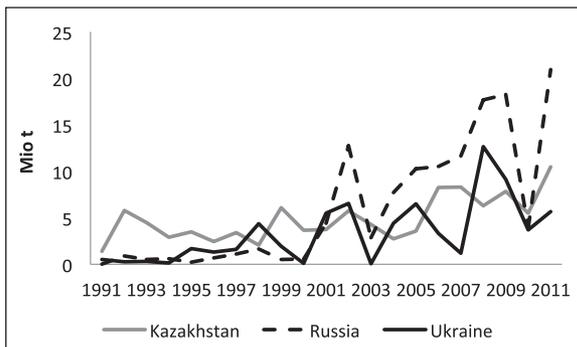
Grafik: Weizenproduktion in Russland, Ukraine, Kasachstan 2008/09 (in Mio. t und in Prozent der Weltproduktion), Quelle: USDA PSD Online (2009), eigene Darstellung.

In allen drei Ländern ist die Getreideproduktion nach dem Fall der Mauer zunächst erheblich gesunken, hat dann aber um die Jahrtausendwende wieder zugenommen. In Russland konnte die Weizenproduktion bis Anfang des neuen Jahrzehnts wieder auf ca. 60 Mio. t gesteigert werden, in der Ukraine auf ca. 20–25 Mio. t und in Kasachstan auf gut 15 Mio. t. Zusammen genommen werden in den drei Nationen knapp 100 Mio. t Weizen produziert. Damit erzeugen diese Staaten mittlerweile knapp 15 % des Weizens weltweit.

Region (08/09)	Ertrag (t/ha)	Weltflächenanteil (%)
Russland	2.1	13
Ukraine	2.8	9
Kasachstan	1.0	6
EU (27)	5.2	11
Alle	2.9	100

*Grafik:* Flächenerträge (t/ha) und Anteil an den Weltweizenanbauflächen (in Prozent)  
Quelle: USDA PSD Online (2009), eigene Darstellung.

Alle 3 Länder zusammen nehmen mittlerweile mit ca. 50 Mio. ha gut ein fünftel der Welterntefläche für Weizen ein. Die Weizenfläche Russlands übertrifft mittlerweile mit knapp 30 Mio. ha (13 % der Weltanbaufläche) jene der EU. 14 Mio. ha (9 % der Weltanbaufläche) bzw. 7 Mio. ha (6 % der Weltanbaufläche) werden in Kasachstan bzw. der Ukraine mit Weizen bebaut. Dabei liegen die Erträge im Schnitt bei ca. 3 t/ha in der Ukraine, 2 t/ha in Russland und 1 t/ha in Kasachstan. Zum Vergleich: ca. 3 t/ha werden in den USA/Canada geerntet, was ungefähr etwa dem „Weltdurchschnitt“ entspricht und rund 5 t/ha werden im Durchschnitt in der EU 27 geerntet.



*Grafik:* Entwicklung der Weizenexporte  
Quelle: OECD-FAO Agricultural Outlook 2013–2022, eigene Darstellung.

Nicht zuletzt bedingt durch das Produktionswachstum seit Anfang dieses Jahrtausends gehören Russland, die Ukraine und Kasachstan mittlerweile zu den bedeutendsten Playern auf internationalen Getreidemärkten mit einer guten geografischen Nähe zu Europa, Nord Afrika, Mittlerer Osten und Asien.

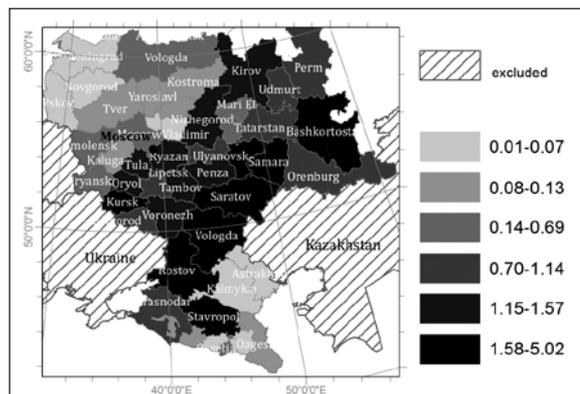
Region (08/09 & 11/12*)	Rang	Export (Mio. t)	Weltanteil (%)
Russland	2 (3*)	18 (21*)	15
Ukraine	6 (8*)	12 (5*)	10 (5*)
Kasachstan	8 (7*)	5 (11*)	4 (9*)
Alle		35	26

*Grafik:* Exportmengen (in Mio. t) und Weltexportanteile (in Prozent)  
Quelle: OECD-FAO Agricultural Outlook 2013–2022, eigene Darstellung.

Russland gehört zu den fünf größten (Netto-) Weizenexporteuren mit einem Anteil von knapp 15 % (20 Mio. t) an den Weltweizenexporten. Die Ukraine und Kasachstan gehören mit einem Weltexportanteil zwischen 5 und 10 % zur Gruppe der 10 größten Weizenexporteure.

Ausgehend von den positiven Entwicklungen in den 2000ern erwarten Prognosen verschiedener Institutionen gute Chancen für eine erhebliche Ausdehnung der Weizenproduktion und eine Steigerung der Weizenexporte in den kommenden ein bis zwei Dekaden. Obgleich die Prognosen aufgrund unterschiedlicher Annahmen, Modellansätze und Datengrundlagen zu durchaus unterschiedlichen Ergebnissen gelangen, bilden diese zusammengenommen einen plausiblen Korridor potenzieller Entwicklungen. So erwarten OECD und FAO (OECD-FAO 2013) sowie USDA (Liefert et al. 2010) Produktionssteigerungen für alle drei Länder infolge von Ertragssteigerungen und der Rekultivierung von Ackerflächen von bis zu 36 Mio. t Weizen/Jahr bis 2020. Aktuelle Berechnungen des IAMO (Schierhorn et al. 2014) weisen jedoch darauf hin, dass allein in Russland die Weizenproduktion um bis zu 50 Mio. t/Jahr gesteigert werden

kann. Diese Produktionszunahmen können durch die Rekultivierung von ca. 5 Mio. ha von jüngeren (seit Anfang der 2000er) brachliegenden Flächen sowie durch Ertragszunahmen von ca. 60 %, in Folge eines erhöhten Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes, realisiert werden. Die Rekultivierung jüngerer Brachflächen verspricht zudem eine weitgehend umweltverträgliche Produktionszunahme, da, im Gegensatz zur Rekultivierung älterer Brachflächen, eine deutlich geringere Freisetzung von im Boden und Vegetation gebundenen Kohlenstoff zu erwarten ist (Schierhorn et al. 2013). Könnten diese Produktionssteigerungen in kommenden beiden Dekaden zumindest weitgehend realisiert werden, dann wäre eine massive Zunahme der Exporte zu erwarten.



**Grafik:** Regionale Verteilung der Weizenpotenziale (in Mio. t) Rekultivierung und Ertragssteigerung  
Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Mobilisierung solcher Produktions- und Exportpotenziale in der Getreidewirtschaft bedarf jedoch erheblicher Anstrengungen. Sie wird entscheidend von den künftigen Produktions- und Wettbewerbsbedingungen sowie den politischen Rahmenbedingungen und damit von der Funktionsfähigkeit der Getreidemärkte abhängig sein. Es müssen jedoch erhebliche Bedenken bezüglich wachstumsgerechter Produktions- und Wettbewerbsbedingungen angemeldet werden.

### Ad-hoc politische Eingriffe in den Außenhandel

Wie zuvor geschildert sind die Preise auf internationalen Getreidemärkten in den vergangenen Jahren gestiegen und immer mal wieder in die Höhe geschneit. Wie in vielen Ländern, so auch in Russland, der Ukraine und Kasachstan, war damit die Sorge verbunden, dass dies zu nationalen Versorgungslücken und zu merklichen Mehl- und Brotpreissteigerungen zu Lasten der Bevölkerung führen könnte. Als Antwort auf die Getreidepreissteigerungen zwischen 2007 und 2011 haben die politischen Entscheidungsträger „Sofortmaßnahmen“ ergriffen und via Exportrestriktionen, Interventionsmaßnahmen und Preiskontrollen bei Handel und Verbrauchern in die Märkte eingegriffen.

Exportrestriktionen und weitere Regulierungen	
Russland	Nov. 2007–Juli 2011
Exportsteuer/-verbot	11 Eingriffe
Ukraine	Okt. 2006–Mai 2011
Exportsteuer/-quote	17 Eingriffe
Kasachstan	2006–2011
Exportverbot	7 Eingriffe
Sonstiges	2006–2011
Interventionskäufe, Preiskontrollen, Ablieferungspflicht	

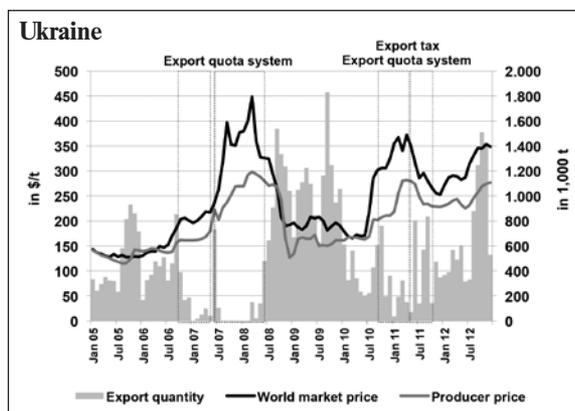
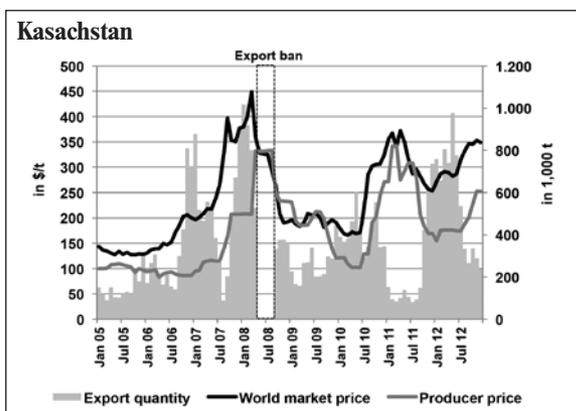
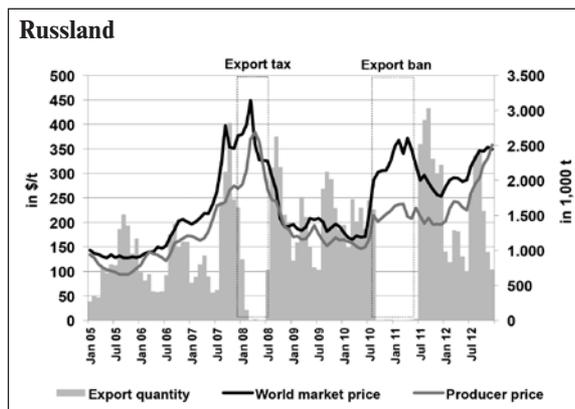
**Grafik:** Exportrestriktionen und weitere Regulierungen  
Quelle: Eigene Darstellung.

In Russland wurde zunächst via Exportabgaben und dann durch Exportverbote gesteuert. In der Ukraine wurden Exportquoten, verbunden mit einem staatlichen Lizenzsystem, und später Exportsteuern eingeführt. In Kasachstan wurden regulatorische Maßnahmen im Wesentlichen in 2007/2008 eingeführt. Zunächst in Form eines staatlichen Lizenzsystems mit nationaler Ablieferungspflicht und später ein Exportverbot. Begleitet wurden diese Markteingriffe zudem von staatlichen Interventionskäufen sowie, in der Ukraine, mit Preiskontrollen bei Brot. Die staatlichen Markteingriffe unterlagen in allen drei Ländern

keiner einsichtigen Systematik. Sie waren ad-hoc und wurden fortlaufend verändert. In Russland gab es während der Zeitspanne zumindest 11 Eingriffe bzw. Änderungen, in der Ukraine 17 und in Kasachstan 7.

Die staatlichen Regulierungsmaßnahmen hatten nicht nur Einfluss auf die Exportaktivitäten, sondern auch auf die nationalen Marktparameter, die sich in den Preisen auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette widerspiegeln.

In allen Ländern gingen die Exportmengen (Balken) in Folge der Exportrestriktionen („export ban“, „export tax“, „export quota“) zurück. Zudem zeigt ein Vergleich der Preisreihen auf den Weltmärkten und den nationale Erzeugerpreisen, dass sich in Russ-



Grafik: Entwicklung der Exportmengen (in 1000 t) sowie der Weltmarkt- und Inlandspreise (US-\$/t), monatliche Angaben. Quellen: APK-Inform (2013), GTIS (2013), HGCA(2013), Rosstat (2013).

land und der Ukraine die inländischen Erzeugerpreise in Zeiten der Exportrestriktionen von den Weltmarktpreisen abgekoppelt haben. Der Preisabstand hat sich merklich vergrößert (besonders 2011) und die heimischen Produzentenpreise blieben sichtlich hinter ihren Möglichkeiten zurück. Die inländischen Erzeugerpreise sind dennoch gestiegen und konnten folglich, nur bedingt stabilisiert werden. In Kasachstan bewirkten die politischen Eingriffe keine Stabili-

sierung der Preise. Die Erzeugerpreise folgen im Wesentlichen weiterhin den Weltmarktpreisen.

Diese Beobachtungen werden durch weitergehende ökonometrische Analysen, sogenannte nicht-lineare Preistransmissionsmodelle, zur Identifikation von Preis- und Markt Anpassungsprozessen bei unterschiedlichen politischen Rahmenbedingungen bestätigt (Glauben und Götz 2011; Götz 2013a, 2013b, 2012). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die

heimischen Märkte in Russland und der Ukraine von den Weltmärkten abgekoppelt wurden. In Zeiten der Exportrestriktionen sinkt der Grad der Preisübertragung vom Weltmarkt in die nationalen Märkte in Russland um ca. 15-20 % und in der Ukraine um rund 30 %. Das Gleichgewicht wurde gestört. Die heimischen Preise waren zu niedrig und Landwirte und Exporteure beider Länder mussten erhebliche Einkommensverluste in Höhe von ca. 4 Mrd. US-\$ hinnehmen. Für Kasachstan ist dies nicht zu beobachten, da keine wesentlichen politikinduzierten Änderungen in der Preisübertragung identifiziert werden konnte. In Russland und der Ukraine hat sich in Folge der Marktregulierungen die Preisunsicherheit deutlich erhöht. Für die Ukraine ist aus den Ergebnissen eines GARCH-Modells zu entnehmen, dass die Varianz der Preise im zeitlichen Umfeld der Eingriffe merklich zugenommen hat (Götz 2013c). Damit wird ersichtlich, dass die „nieder-regulierten“ nationalen Preise gekoppelt mit höherer Preisunsicherheit die Produktions- und Investitionsanreize in Russland und der Ukraine – trotz hoher internationaler Preise – erheblich reduziert haben.

Die regulatorischen Eingriffe waren aber nicht nur unwirksam, sondern teilweise sogar kontraproduktiv hinsichtlich ihrer sozialpolitischen Ziele. Wie eingangs erwähnt, zielten die Exportregulierungsmaßnahmen im Wesentlichen auf eine Dämpfung bzw. Stabilisierung der Mehl- und Brotpreise für Konsumenten in Folge gestiegener Weltmarktpreise. Dies ist nicht eingetroffen. Das Gegenteil ist zu beobachten.

In allen drei Ländern stiegen die Mehl- und Brotpreise. Dies ist die Folge einer erhöhten Mehl-Brot-Marge und deutet auf „Extragewinne“ auf Seiten der Mühlen hin, was Modellrechnungen auch bestätigen (Götz et al. 2014). Mühlen haben durch eine „geschickte“ Lagerhaltungs- und Informationspolitik in Zusammenhang mit den Exportregulierungen ihre Profite zu Lasten der Konsumenten erhöht.

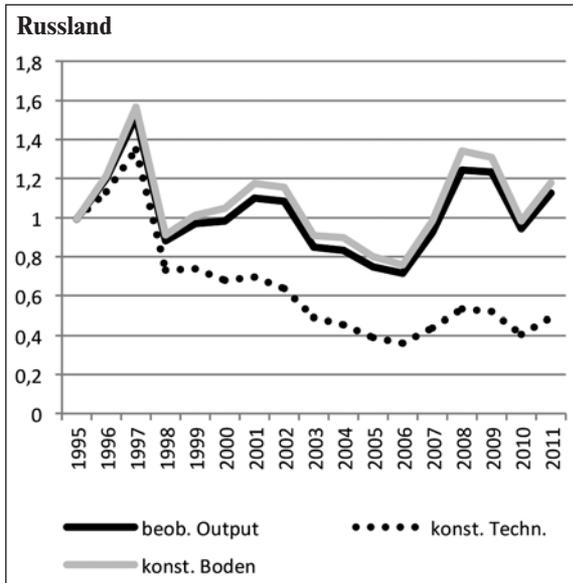
Zusammenfassend lässt sich folgendes feststellen. Die politikinduzierten Markteingriffe bremsen damit erheblich die Mobilisierung von Getreidemarktpotenzialen. Die nationalen Märkte wurden desinteg-

riert und Marktinstabilitäten erhöht. Damit wurden Produktions- und Investitionsanreize gedämpft und mittelfristige Entwicklungsmöglichkeiten gehemmt. Zudem eröffneten die Exportbeschränkungen Möglichkeiten für die Verarbeitungsindustrie, beim Verbraucher höhere Mehl- und Brotpreise durchzusetzen. Entsprechend konnten die, vermeintlich, sozial-politisch motivierten Markteingriffe ihre Ziele nicht nur nicht erreichen, sondern wirkten sogar kontraproduktiv.

### **Produktionsbedingungen und Produktivitätsentwicklungen**

Neben den Wirkungen politischer Maßnahmen auf Wachstums- und Marktchancen, stellt sich die Frage inwieweit der Getreideproduktionssektor überhaupt technologisch-organisatorisch „aufgestellt ist“ um die eingangs diskutierten Potenziale zu realisieren. Dies ist abhängig von den exogenen Produktionsbedingungen (wie etwa Regionalpolitiken) und der Entwicklung der Produktivität im Getreidebau. Es zeigen sich hier ausgesprochen große regionale Unterschiede. Dies gilt sowohl zwischen den betrachteten Ländern, Russland, Ukraine, Kasachstan, als auch auf Regionsebene in den einzelnen Ländern.

Aktuelle Schätzungen auf Basis stochastischer Produktionsfrontierfunktionen (Belyaeva et al. 2014) zur Entwicklung des Produktionspotenzials in Russland und der Ukraine in den letzten 15 Jahren weisen auf folgendes hin. Für Russland insgesamt ist erkennbar, dass die Erschließung des Produktionspotenzials der vergangenen 15 Jahre, insbesondere in den 2000ern, erheblich durch die Realisierung technischer oder auch organisatorischer Fortschritte möglich wurde. Dies ging in Russland mit einem Rückgang der Ackerfläche einher. In der Ukraine blieb die Ackerfläche weitestgehend konstant und es wurden auch nur geringe technisch-organisatorische Fortschritte erzielt. Auch in Kasachstan konnten in der Vergangenheit nur geringfügige Produktivitätssteigerungen beobachtet werden.



Grafik: Entwicklung der Produktion (indexiert) in Russland und der Ukraine (tatsächliche Produktionsmenge sowie simulierte Produktionsmenge bei konstanter Technologie und bei konstantem Ackerland)  
Quelle: Eigene Darstellung.

In Russland sind allerdings große regionale Unterschiede in den Produktionsbedingungen und Produktivitätsentwicklungen festzustellen. Im Verlauf der letzten Jahre hat die Heterogenität in den Produktionsbedingungen sogar zugenommen, nicht zuletzt in Folge einer regionalen Spezialisierung entsprechend den natürlichen und ökonomischen Standortfaktoren. Regionsspezifische Agrarpolitiken sowie Restrukturierungsmaßnahmen trieben diese Entwicklungen an. Auch die Entwicklung der Flächenproduktivitäten ist nach 20 Jahren, trotz einer gewissen interregionalen Konvergenz, noch sehr unterschiedlich ausgeprägt über die Regionen Russlands verteilt.

Die positiven Produktionsentwicklungen in einigen Regionen Russlands werden zuweilen mit dem vermehrten Aufkommen von sog. Agroholdings in Verbindung gebracht. Dies sind wirtschaftlich hoch integrierte und entlang der Wertschöpfungskette ver-

flochtene Großbetriebe in Form von Kapitalgesellschaften. In zentralen Getreideanbauregionen, etwa Belgorod in Russland und die Neulandregion in Kasachstan, bewirtschaften diese rund 70-80 Prozent der Fläche mit durchschnittlichen Betriebsgrößen von 1500 ha/Betrieb in Belgorod und 10.000 ha/Betrieb in Kasachstans Neulandregion (Petrick et al. 2013). Diese Kapitalgesellschaften haben Investitionen, neue Technologien und verbesserte Managementstrukturen in den Sektor importiert (Hahlbrock und Hockmann 2014; Wandel 2011) und konzentrieren sich auf die Getreideproduktion.

Es wird ersichtlich, dass trotz gewisser Erfolge in der Performance landwirtschaftlicher Produktionseinheiten weiterhin noch merkliche regionale Differenzen im wirtschaftlichen Umfeld, in den Produktionspraktiken und im Unternehmenserfolg existieren. Eine Angleichung an „Top-Regionen“ ist hier sicher nicht

kurz- und mittelfristig zu erwarten. Entsprechend darf nur in einigen, eher vorzüglichen Regionen mit besonders gut organisierten Unternehmen, eine verstärkte Mobilisierung der Produktionsreserven in absehbarer Zeit erwartet werden. Weiterhin sind Investitionen in die Kapitalausstattung, die Managementqualität sowie in Agrarausbildungssysteme von Nöten.

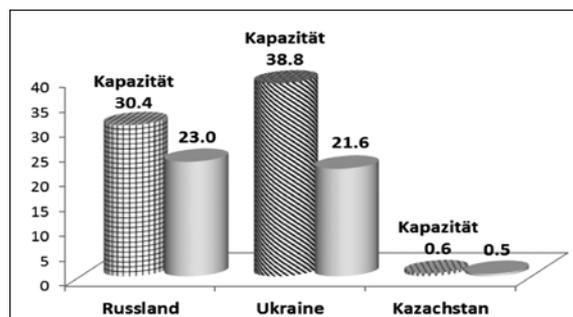
### Marktinfrasturktur

Abschließend sei nunmehr die dritte Herausforderung hinsichtlich der Mobilisierung der Getreidemarktpotenziale angesprochen – die mangelhafte Marktinfrasturktur. Erste Analysen (Renner et al. 2014 a/b) weisen darauf hin, dass in allen drei Ländern ausgeprägte Investitionsdefizite in den nationalen Lagerhaltungs- und Aufbereitungssystemen, den Transportnetzen sowie den Exporthafenkapazitäten existieren. Dies bedingt erhebliche Engpässe in der Getreidevermarktung und damit eine maßgebliche Einschränkung für die zukünftige Mobilisierung von Marktpotenzialen. Getreidespeicheranlagen arbeiten in allen drei Ländern an ihren Kapazitätsgrenzen. In Russland sind über 70 % der Anlagen veraltet. Zudem entspricht deren territoriale Verteilung nicht den aktuellen Marktanforderungen, sondern eher planwirtschaftlichen Zielen der vergangenen Sowjetzeit. Ähnliches ist bei den Binnentransportnetzen, die durch den staatlich kontrollierten Eisenbahntransport dominiert werden, festzustellen. Produzenten und Exporteure stoßen auf erhebliche Engpässe beim Wagenpark, auf völlig veraltete Zugmaschinen und Wagons sowie hohe staatlich festgelegte Tarife. Dies führt zu Lieferverzögerungen bis hin zur Nichterfüllung von Lieferverträgen.

Empirische Analysen der Getreidehandelsströme zwischen den Regionen Russlands haben gezeigt, dass der Eisenbahntransport durch die Höhe der Transportkosten und durch die Qualität der Infrastruktur bestimmt wird. Insbesondere für die entfernten weizenproduzierenden Regionen, die im Süd-Westen von Sibirien und im Ural liegen, stellen die hohen Eisenbahntransportkosten ein großes Hindernis dar (Renner et al. 2014b). Ferner deuten die Ergebnisse

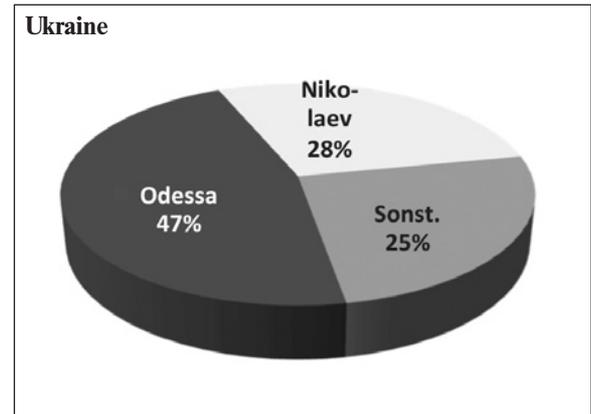
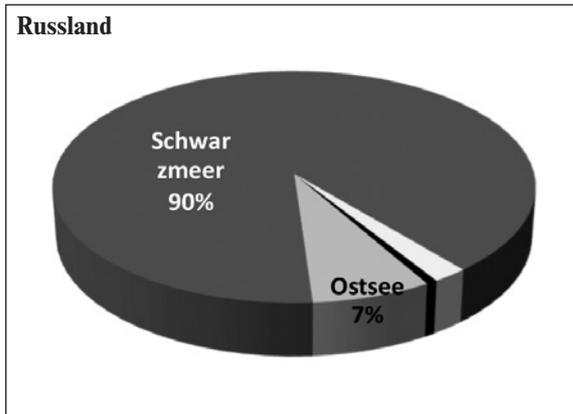
darauf hin, dass der Getreidehandel innerhalb Russlands zwischen den getreideproduzierenden Regionen und den Absatzmärkten durch die unterentwickelte Eisenbahninfrastruktur und insbesondere die niedrigen Ladekapazitäten der Eisenbahnstationen stark gehemmt wird (Renner et al. 2014b).

Und schließlich befinden sich auch die Umschlagkapazitäten an den Seehäfen des Schwarzen Meeres, von welchen ca. 80–95 Prozent des russischen und ukrainischen Getreides exportiert wird, trotz umfangreicher Modernisierungsmaßnahmen an ihren Kapazitätsgrenzen. Die Umschlagkapazitäten der Ukraine liegen mittlerweile zwar bei ca. 40 Mio. t Getreide/Jahr und über 13 Häfen sind entlang der Scharzmeer-Azowischen Küste (i. W. im Umkreis von Odessa) verteilt,



Grafik: Getreideumschlagkapazität und Seehafenexport von Getreide in 2012  
Quelle: APK-Inform, eigene Darstellung.

stehen aber faktisch nur einem exklusiven Kreis von Exporteuren zur Verfügung. Die Getreideumschlagkapazitäten Russlands (ca. 30 Mio. t/Jahr) konzentrieren sich, im Gegensatz zur Ukraine, zum weitaus größten Teil nur auf einen einzigen Hafen (Novorossijsk) im Süden des Landes. Diese Konzentration auf einen Hafen bedeutet eine enorme logistische Herausforderung in der Abwicklung von Getreideanlieferung und -umschlag der Chargen aus allen Regionen Russlands. Eine halbwegs reibungslose Abwicklung ist gegenwärtig nicht gewährleistet, es bedarf vielmehr



*Grafik:* Verteilung der Getreideexporte über die Seehäfen. Quelle: APK-Inform, eigene Darstellung.

erheblicher Investitionen in eine geeignete Hafenlogistik und Verkehrsanbindung um die eingehenden Getreideströme aus den verschiedenen Regionen Russlands bewältigen zu können.

Infolge der erörterten infrastrukturellen Defizite können die Transaktionskosten bis zu 40 % (für entfernte Regionen Russlands bis zu 80 %) der Weltmarktpreise betragen und damit das Vierfache der Höhe anderer Getreideexportnationen, wie etwa Frankreich (BE Berlin Economics 2013; USDA 2011). Es darf deshalb bezweifelt werden, dass merkliche Produktionszuwächse wirtschaftlich sinnvoll und wettbewerbsfähig vermarktet werden könnten.

### Schlussbemerkungen

Osteuropäische Getreidenationen verfügen über ausgeprägte Flächen- und Ertragsreserven. Diese offerieren, nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund der Weltmarktpreisentwicklungen, vorzügliche Markt- und Wachstumschancen für die Getreidewirtschaft dieser Länder. Allerdings nutzen die Länder, die sich ihnen bietenden Chancen in der Getreidewirtschaft nicht nur nicht hinreichend, sondern blockieren diese sogar. Erstens behindern populistische Handelspolitiken nachhaltig das Funktionieren der Getreidemärkte

und wirken der Mobilisierung von Produktions- und Exportpotenzialen entgegen. Zweitens hemmen persistente Produktivitätslücken infolge von Investitions- und Managementdefiziten betriebliches Wachstum und die effiziente Nutzung unternehmerischer Ressourcen. Und drittens bremsen massive Investitions- und Modernisierungsdefizite in die Vermarktungsinfrastruktur (Lagerhaltung, Binnenlandtransport, Hafenkapazitäten) Markttransaktionen und die Exportorientierung der östlichen Kornkammer. Unter diesen Umständen ist nicht zu erwarten, dass Russland, die Ukraine und Kasachstan in absehbarer Zeit in der Lage sein werden, ihre Markt- und Wachstumspotenziale zu realisieren. Voraussetzung für deren Realisierung wäre eine Priorisierung marktkonformer und exportfreundlicher Politiken und Institutionen sowie dringend notwendige Investitionen in die räumliche und betriebliche Infrastruktur. Zudem sind Investitionen in agrarwirtschaftliches Humankapital dringend erforderlich.

## Literatur

Abbott, P.C., Hurt, C., Tyner, W.E. (2008): What's Driving Food Prices? Issue Report. Farm Foundation.

Belyaeva, M., Hockmann, H., Koch, F. (2014): Impact of regional diversity on production potential: an example of Russia. Paper prepared for presentation for the 142nd EAAE Seminar Growing Success? Agriculture and rural development in an enlarged EU. Corvinus University, Budapest, May 2014.

Glauben, T., Götz, L. (2011): Nahrungsmittelkrise: Protektionismus und Marktreaktionen in osteuropäischen „Getreidenationen“. IAMO Policy Brief No. 2, Halle (Saale).

Belyaeva, M., Hockmann, H. (2013): Russia as a New Big Player on the World Wheat Market: Production and Trade Volumes, International Food and Agribusiness Management Association (IFAMA), IFAMA 23rd Annual World Forum and Symposium: The Road to 2050: The Talent Factor, Atlanta, Georgia/USA, 16.06.2013-20.06.2013.

Glauben, T., Belyaeva, M., Bobojonov, I., Djuric, I., Götz, L., Hockmann, H., Müller, D., Perekhozuk, O., Petrick, M., Prehn, S., Prishchepov, A., Renner, S., Schierhorn, F. (2014): Die Kornkammer des Ostens blockiert ihre Markt- und Wachstumschancen, IAMO Policy Brief No. 16, Halle (Saale).

Götz, L., Djuric, I., Glauben, T. (2014): Wheat Export Restrictions in Kazakhstan, Russia, and Ukraine: Impact on Prices along the Wheat-to-Bread Supply Chain, in: Schmitz, A. and W. H. Meyers: The Emerging Role of KRU in Global Agricultural Markets: Promise and Concern (forthcoming).

Götz, L., Djuric, I., Glauben, T. (2013a): The wheat export ban in Serbia. Are export restrictions an effective instrument to dampen food price inflation? IAMO Policy Brief No. 10.

Götz, L., Glauben, T., Brümmer, B. (2013b): Wheat export restrictions and domestic market effects in Russia and Ukraine during the food crisis. Food Policy, 38 (1), 214-226.

Götz, L., Goychuk, K., Glauben, T., Meyers, W.H. (2013c): Export Restrictions and Market Uncertainty: Evidence from the Analysis of Price Volatility in the Ukrainian Wheat Market, Selected Paper accepted for presentation at the Agricultural & Applied Economics Association's 2013 AAEA & CAES Joint Annual Meeting, August 4-6, Washington, D.C., USA.

Götz, L., Qiu, F., Gervais, J.P., Glauben, T. (2012): Export Restrictions and Multiple Spatial Price Equilibria when International Prices Spike: The Wheat Export Quota in Ukraine, Invited Paper, IATRC Annual Meeting "New Rules of Trade?", December 9-11, San Diego, USA.

Hahlbrock, K., Hockmann, H. (2014): Does Agrohholding Membership Increase Productivity and Efficiency in Russian Agriculture? Evidence from Agrohholdings in the Belgorod Oblast, in: Schmitz, A. and W.H. Meyers: The Emerging Role of KRU in Global Agricultural Markets: Promise and Concern (forthcoming).

Headley, D., Fan, S. (2008): Anatomy of a Crisis: The Causes and Consequences of surging Food Prices. Agricultural Economics, 39 (s1): 375-391.

The Guardian (2008): World Bank: rocketing food prices have put fight against poverty back 7 years, <http://www.thefreelibrary.com/World+Bank%3A+rocketing+food+prices+have+put+fight+against+poverty+back...-a01611523883>.

Petrick, M., Wandel, J., Karsten, K. (2013): Rediscovering the Virgin Lands: Agricultural investment and rural livelihoods in a Eurasian frontier area. In: World Development 43, S. 164-179.

Renner, S., Kulyk, I., Götz, L., Glauben, T. (2014a): "Logistical and institutional obstacles to the realization of the grain export potential of the Ukraine", Working paper.

Renner, S., Prehn, S., Götz, L., Glauben, T. (2014b): "Factors affecting interregional wheat trade in Russian Federation: A Gravity Modell Approach", Working paper.

Schierhorn, F., Müller, D., Prishchepov, A.V., Faramarzi, M., Balmann, A. (under review/2014): The potential of Russia to increase its wheat production through cropland expansion and intensification. Global Food Security.

Wandel, J. (2011): Integrierte Strukturen im Agrar- und Ernährungssektor Russlands. Studies on the Agricultural and Food Sector in Central and Eastern Europe, Vol. 63, Halle (Saale).

<sup>1</sup> Der Beitrag ist in (substanziellen) Teilen bereits als IAMO Policy Brief Ausgabe Nr. 16, April 2014 erschienen (Glauben et al. 2014).

<sup>2</sup> Dank finanzieller Unterstützung BMEI – Geruka, VW – Matrace

## Diskussion



HARTUNG, KIEL

Sie haben am Anfang recht eindrucksvoll dargestellt, wo die Potentiale liegen. Wir hatten am ersten Tag dieser Hülsenberger Gespräche das Vergnügen, Herrn Patermann zu hören und der hat ja dargestellt, monetär betrachtet, wo Vor- und Nachernteverluste liegen. Jetzt würde mich interessieren bei ihren Berechnungen, mit welchen Vor- und Nachernteverlusten haben sie denn gerechnet? Wo liegen die wirklich? Wo sind die in 10 Jahren? Sie haben gesagt, wichtig ist eine agrarökonomische Ausbildung. Das mag natürlich sein. Ich glaube aber, vor allen Dingen ist wichtig, gut ausgebildete Traktoristen und Traktoristinnen zu haben, die dann auch mit der Technik arbeiten können.

ANTWORT

Das ist sehr wichtig. Traktoristinnen sind auch wichtig. Es gibt aber viele, die können mit der Technik umgehen. Das zentrale Problem ist dort, man kann es nur betonen, wir brauchen vernünftige Manager oder Betriebswirte. Der Engpass sind keine Traktoristinnen. Technisch sind die gut, technologisch sind die gar nicht so schlecht aufgestellt. Natürlich nicht so gut wie bei uns. Zur zweiten Frage, eine sehr interessante Frage und ich werde das anregen in der Gruppe, zu untersuchen, wie die Vorernte- und Nachernteverluste sind. Damit haben wir uns nicht beschäftigt, weil wir das nicht beobachtet haben. Wir wissen nicht, welche Verluste dadurch eingetreten sind. Das Ertragsniveau

ist so gering, dass man natürlich ins Detail gehen muss. Ich werde das anregen.

HARTUNG, KIEL

Noch einmal zu diesen Traktoristen. Wenn sie mit Herstellern sprechen, die diese Maschinen herstellen, sei das jetzt eine Erntemaschine oder Sähmaschine und sie sprechen sehr ruhig mit ihnen, dann werden die ihnen sagen, dass sie im guten Fall davon ausgehen, dass 30 % des Potentials der Maschinen im Schnitt genutzt werden unter unseren Bedingungen. Wenn sie das dort sehen. Würde man sich das erhoffen, dass man diesen Schnitt erreichen kann und daher Potentiale nutzbar machen, Verluste zu reduzieren. Würde ich das vielleicht noch einmal überdenken, weil eins in der Industrie ist ja bildungsneutrale Nutzung einer Maschine und da hat man noch ein bisschen was zu tun. Dies als kleine Anmerkung.

ANTWORT

Die zukünftigen gut ausgebildeten Manager einer solchen Farm würden das dann berücksichtigen müssen.

LOY, KIEL

Ich kenne mich jetzt in dem politischen System Russlands nicht so gut aus. Mich würde als Hintergrund interessieren: Du hast relativ deutlich gezeigt, die Rolle der Politik, die Gesamtentwicklung wird sehr entscheidend sein. Was sind die Triebkräfte da?

Was sind die Motivationen? Sind es jetzt eher von der ökonomischen Seite her die Marktstrukturen, die auf die Politik einwirken? Ist es eine Eigeninitiative der Politik, Designs zu machen, die vielleicht nicht so ganz rational sind und abschließend: Wenn man die Prognosen jetzt erstellen würde unter der Hinsicht, was du aufgezeigt hast. Wir haben diese Begrenzung im Markt, wir haben Managementprobleme, wir haben strukturelle Probleme, wir haben politische Probleme. Landet man denn da in der Summe bei dem schlicht und ergreifend idealen Fortschreiben, das was wir die letzten 10 Jahre beobachten oder wird es darüber hinaus liegen können. Welche Möglichkeiten haben wir eigentlich international, auf diesen Bereich einzuwirken im Sinne der Weltgemeinschaft? Was kann man beispielsweise über WTO machen und solche Dinge wie Exportrestriktionen zurückzufahren?

#### ANTWORT

Soweit wir das erkennen können, hat man in Russland, in der Ukraine, auch in Kasachstan erkannt, dass die Getreidewirtschaft wirtschaftlich ist. Unser Gefühl ist, dass schon ein sehr großes Augenmerk darauf liegt und dass man versucht, das zu forcieren. Man sieht das ja auch. Putin hat bei dem Gipfel in Moskau gesprochen. Es ist ein Agrarinstitut gegründet worden. Die strategische Wichtigkeit wurde schon erkannt, auch im Kontext der Debatte um die Nahrungsmittel. Auf der anderen Seite ist es klar. Die Politiken sind erstmals unter Luschkow eingeführt worden, also Russland ist nicht Moskau und Moskau ist nicht Russland. Man hat die Engpässe in der Versorgungssituation befürchtet. Eine große politische Stärke gegen Russland eben zentral, von Moskau aus und der dritte Mann im Lande war damals der Luschkow und seine Frau. Da ist natürlich Nachfrage und Konsumzentren sind vorhanden. Wie in anderen Nationen wurde der Export eingeführt, weil dies so in gewisser Weise populistisch ist. Man hat gezeigt, man agiert. Es ist generell immer witzig, wenn in Exportländern die Preise steigen und die plötzlich nicht mehr verkaufen wollen. Dann muss es ja andere Gründe geben. Putin wollte die Konsumzentren, man hat die

se Handelspolitik dort so eingeführt. Das wäre so ein bisschen politökonomisch und das zweite lag auch ein bisschen daran, obwohl ich das etwas widersinnig finde. Man hatte auf der anderen Seite auch die Vorstellung, in Russland auch für die Tierproduktion eine Selbstversorgung zu erreichen. Ich weiß nicht, ob das geht, dass eben die Interessen der Tierwirtschaft möglicherweise auch eine Rolle gespielt haben. Der dritte Punkt war. Was wir in 20 Jahren machen? Schwer zu sagen. Mir liegen keine Indizien oder Erkenntnisse vor. Was ich mir vorstellen könnte, dass vielleicht die Betriebswirtschaft besser wird. Ich könnte mir schon vorstellen, dass in der Ausnutzung des Produktivitätspotentials stärkeres Interesse besteht ist. Wenn man so die Literatur verfolgt, und sich auch mit der Praxis unterhält. Ich weiß, es ist jetzt schon 15 Jahre her, aber dann klemmt das am Anfang immer so mit der neuen Technik und irgendwann kann man vielleicht mit Verbesserungen rechnen. Es gibt schon Vorzeigeregionen und ich könnte mir schon vorstellen, dass das in Zukunft etwas besser klappt. Dass die Technologien besser werden, Nachernteverluste minimieren und dass in der Produktion was gemacht wird. Wo ich wirklich skeptisch bin, das ist die Infrastruktur, da muss was passieren. In Entwicklungsländern kennt man das Dilemma. Diese Marktinfrastruktur, da war ich selber erstaunt. Man liest da nichts und dann ist man mal rumgelaufen. Das haben wir aber systematisch erforscht. Wir haben auch mit Praktikern geredet und auch gemessen, wirklich vor Ort, um da ein Bild zu bekommen. Da war ich erstaunt. Ich hätte nicht gedacht, dass diese Länder, gerade Russland, so eine katastrophale logistische Struktur haben. Es reicht hinten und vorne nicht. Das sind enorme Investitionen notwendig. Die Privaten haben eine Umschlagskapazität, es ist jedoch enormer Finanzbedarf notwendig. Ich glaube, das ist der stärkste Engpass, weil, da passiert immer nichts und da muss einfach in absehbarer Zeit was passieren. Das Produzieren werden sie gut schaffen. Doch für die Infrastrukturen sind erhebliche Anstrengungen nötig.

WINDISCH, FREISING

Wir haben gerade in dieser Region Ukraine, Krim, das sind ja große politische Unsicherheiten, es gibt die Unsicherheiten der Investition und die Frage, wenn Maschinen gekauft werden, ob die auch bezahlt werden. Man liest das in der Zeitung von ökonomischen, laienhaftem Verstand, dass man das am Ende dieses Jahres oder des nächsten Jahres in der Exportbilanz sehen wird oder ist die Logistik so katastrophal und die Vermarktung, dass diese Veränderungen in der Produktion gar nicht durchschlagen. Wenn es da überhaupt welche gibt, durch diese politischen Unsicherheiten.

ANTWORT

Da wissen wir noch nicht so viel. Was wir rausgefunden haben, mit der Krimkrise hat sich das zu einer noch stärkeren Krise aufgebauscht. Die Lieferverpflichtungen sind wohl dieses Jahr eingehalten worden. Sowohl die Ukraine als auch Russland haben ihre Lieferverpflichtungen eingehalten, trotz der Krise und der Schwierigkeiten. Die Wechselkurse haben sich erheblich geändert. Das merkt man schon. Da gibt es gewisse Zurückhaltung. Es ist einfach teurer geworden. Allein in der Finanzierung dieser Vorleistungen und ich kann mir natürlich vorstellen, wenn so eine Krise ausartet, dass zumindest die meisten Investoren sich zurückhalten. Es ist ja jetzt schon teilweise schwierig. Wenn man mit großen Landmaschinenhändlern redet, dann sagen die immer: sollen wir, sollen wir nicht, hat man mal angefangen und wo sollen wir anfangen.

Die Kursänderungen bewirken eine Zurückhaltung, weil man eben Schwierigkeiten befürchtet, das zu machen. Hier noch ein Beispiel, was die Finanzierung angeht. Bei der Grünen Woche gab es eine gemeinsame Veranstaltung über Verpflichtungen und Politik im Ost-Ausschuss und da waren die Vizeminister der Ukraine, Russlands und Kasachstans da. Da ging es um Investitionen und ein Landwirt aus Sachsen-Anhalt sagt, er würde einen großen Aufschlag machen, aber mit der Finanzierung klappt das nicht. Mit den Finanzmärkten klappt das nicht. Da sagt der

Vizeminister: Mit den Finanzmärkten bei uns klappt das Klasse. Rufen sie direkt bei mir an, dann kriegen sie das Geld. Ulrich Köster saß neben mir und hat fast einen Herzinfarkt bekommen. Das sind keine Zeichen von guten Finanzmärkten, wenn der Vizeminister dies angeblich händelt. Diese Situation ist nicht besser geworden. Es gibt aber auch gute Beispiele. Viele kennen ihn vielleicht noch. Der Stuttgarter Stefan Dürre, der kommt ja gut zurecht mit der Tierproduktion (Milchviehhaltung). Da ist ja richtig was los und die sind an die Börse gegangen. Ich glaube, die Kurse sind auch gestiegen. Das scheint dort gut zu laufen. Er hat aber auch ganz gute Verbindungen zur regionalen und auch zur nationalen Politik.

KALM, KIEL

Eine kleine Anmerkung zu den strukturellen Problemen. Einige Kollegen von Kiel, Herr Nölk, Herr Riewe, Herr Huesmann etc haben ja auch den Mut gehabt, in die Ukraine zu gehen und ein paar 1.000 Hektar zu pachten. Das Hauptproblem ist, was sie eben hier geschildert haben. Sie ernten ordentlich, aber werden das Getreide schwierig los, durch die schlechte Infrastruktur. Das ist das Kernproblem und das Geld, was sie erwirtschaften, das kriegen sie nicht raus.

BERG, BONN

Ich möchte eingehen auf die Rolle der Holdings, der Agrarholdings. Sie haben gezeigt, dass die einen erheblichen Beitrag zu dem Produktivitätsfortschritt in Russland leisten. Kurzfristig ist das natürlich nachvollziehbar. Die haben marode Technik durch neue Technik ersetzt, es steigt die Arbeitsqualität und ich habe einen kurzfristigen Erfolg. Die Frage ist: Wie nachhaltig ist das? Die müssen ihren Investoren natürlich Renditen bezahlen und es ist nicht unplausibel, zu erwarten, dass Renditeerwartungen sich im Wesentlichen auf Spekulationen, wachsende Bodenpreise und Bodenwerte reduzieren. Müssen wir damit rechnen, dass wir da irgendwann spekulative Blasen und spektakuläre Zusammenbrüche haben?

KANTELHARDT, WIEN

Meine Frage schließt sich da direkt an. Sie haben dargestellt, dass sie die staatlichen Eingriffe zu einer sehr starken Verunsicherung in den Kapitalgebern hierbei geführt haben und es auch die Profiteure gab, die jetzt nicht im Bereich der Landwirtschaft lagen, sondern im Bereich der Mühlen. Jetzt haben sie aber andererseits in diesem regionalen Beispiel dargestellt, dass es die Agrarholdings gibt, die ja doch sehr umfangreich investieren. Das Geld kommt auch aus Russland, wenn ich das richtig gesehen habe. Ich kann mir nicht ganz vorstellen, dass diese doch sehr großen Akteure dort an diesen Profiten ganz vorbei gehen. Das ist ein System, was nicht ganz bei uns geregelt ist. Haben sie da schon Informationen?

Und weiterhin habe ich verstanden, dass sie anfangen mit dieser Forschung, in diesen Bereich zu gehen. Sind das Beispiele, die vielleicht übertragbar sind? Sind das sozusagen Keimzellen, die sich auch auf andere russische Regionen übertragen lassen?

SAUERBORN, HOHENHEIM

Eine Frage, die sich eher an die Politik wendet. Ist es eigentlich im Interesse des Westens, dass sich hier aufgrund der Weiterentwicklung Russlands oder des Ostens eine Strategie entwickelt für den Weizenmarkt? Vielleicht ist da noch ein Stück weit Häme dabei, dass es so ist, wie es ist. Wendet sich der offizielle Teil, die Regierungsseite, an die offizielle Seite im Westen, um diese Analyse, die ja sehr scharf ist, zu verbessern oder überlassen wir das den einzelnen Akteuren, wie beispielsweise Herrn Dürr und anderen?

ANTWORT

Das Land ist nicht wirklich knapp. Es ist ja unheimlich viel in die Brache gegangen und die alten Flächen natürlich marginale Standorte. Das europäische Russland hat 30 bis 35 Mio. Hektar, die da noch rumliegen. Nicht alles ist zu bewirtschaften. Ich weiß nicht richtig, ob man da Blasen erwarten kann. Zweitens. In der Ukraine ist das ein bisschen schwierig. Die Möglichkeit Land zu kaufen, ist sehr begrenzt und unterliegt bestimmten Beschlüssen. Es gibt gute

Beispiele von Agrarholdings, es gibt auch schlechte. Agrarholding ist kein Patentrezept. Sie wurden zentral gegründet, da kam man nicht so an die Inputs ran und da hat man gewisse Verpflichtungen. Sie wollten investieren. Wir haben ein paar Beispiele gefunden, da sind die ganz gut vorangekommen. Aber es gibt andere Beispiele, wo wir überhaupt keine – und in beiden Bereichen – nur eine geringe Entwicklung sehen, in ökonomischer Integratoren, Produktivität zwischen vergleichbaren Bedingungen, ob die als Holding organisiert sind oder nicht als Holding organisiert sind. Von daher würde ich nicht sagen, dass das ein Patentrezept ist. Drittens. Der Westen und sein Interesse. Wir stehen vor großen Problemen und erwarten im Moment keinen Überfluss an Weizen in der nächsten Zeit. Allein aus humanitären Gründen sollte das das Interesse des Westens sein und auch aus möglicher wirtschaftlicher Zusammenarbeit. Denn gerade was Vorleistungsindustrie und Maschinenindustrie angeht, kann man sich schon in Zukunft einige vernünftige Geschäftsideen vorstellen. Ich würde jetzt von westlicher Seite nicht allzu sehr von der Konkurrenz in der Getreideproduktion fürchten.

KORNBLUM, HAMBURG

Noch eine Abschlusssanmerkung: Sie haben eindrucksvoll die Produktionsseite dargestellt, quasi den Bereich bis zum Andienen an die Märkte. Was ist denn mit dem Inlandsverbrauch? In der Konsequenz ist ja eine Produktionsmenge vorhanden, nach dem Inlandverbrauch steht für den Export einiges zur Verfügung. Sie sagten, es passiert einfach zu wenig, aber Herr Putin hat eine sehr umfangreiche Planung, was die Schweineproduktion betrifft. Da erreicht er ja tatsächlich was und wenn das zum Staatsziel ernannt wird. Kaufen wir in 20 Jahren nicht nur das Gas dort, sondern auch Schweine.



# Nutzung agrarischer Biomasse aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Sicht

## 1 Einleitung

Biomasse ist unverzichtbare Grundlage für alle Volkswirtschaften. Das gilt für den Nahrungsmittelbereich uneingeschränkt, während es im Hinblick auf die Versorgung mit Industriegrundstoffen und Energie zum Teil auch andere Alternativen gibt.

Zur Frage, wie intensiv agrarische Biomasse in den drei Linien (Nahrungsmittel, Industriegrundstoffe, Energie) genutzt werden sollte, gibt es unterschiedliche politische Auffassungen. Vor diesem Hintergrund versucht der vorliegende Beitrag, ein wenig Orientierung zu schaffen.

Zunächst werden einige theoretische Grundlagen gelegt. Darauf aufbauend wird dargelegt, wie die Politik auf die voraussichtliche globale Verknappung der Biomasse reagieren sollte. Dies wird zum einen aus der Perspektive „Sicherung der globalen Nachhaltigkeit“ diskutiert, zum anderen aus der Perspektive „Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands“.

## 2 Grundlagen:

### Betriebs- vs. volkswirtschaftliche Perspektive

Landwirtschaftliche Unternehmen werden Biomasse erzeugen und verarbeitende Unternehmen werden Biomasse verwenden, wenn dies jeweils betriebswirtschaftlich rentabel ist.

Die Rentabilität hängt zum einen von den physischen Input-Output-Relationen ab, zum anderen von den Marktpreisen.

- Die Input-Output-Relationen werden im Wesentlichen durch die Fähigkeiten der Unternehmer und durch die Standortfaktoren bestimmt. Die Standortfaktoren wiederum können durch die Politik beeinflusst werden (z.B. Rechtsrahmen, Innovationsförderung).
- Die Marktpreise für Biomasse zeigen an, wie sich (a) die Nachfrage bzw. die Verbraucherwünsche und (b) die Knappheiten in konkurrierenden Angebotssegmenten (z.B. fossile Energie) entwickeln.

Die unsichtbare Hand des Marktes sorgt im Großen und Ganzen dafür, dass die Summe der betriebswirtschaftlichen Entscheidungen auch zu einem volkswirtschaftlichen Optimum führt. Der zugrunde liegende Automatismus funktioniert jedoch in manchen Fällen nicht bzw. nicht perfekt. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn es um öffentliche Güter geht, bei denen entweder gar kein Markt zustande kommt oder die Marktpreise niedriger sind als der volkswirtschaftlichen Wert (z. B. schönes Landschaftsbild, unbelastete Luft, innovative Ideen).

In solchen Fällen sollte der Staat steuernd eingreifen, entweder durch Auflagen bzw. Abgaben zur Eindämmung unerwünschter Effekte (z. B. Emissionen) oder durch finanzielle Anreize für erwünschtes Verhalten (z. B. Emissionsschutz) oder durch den öffentlichen Dienst (z. B. Forschung). Die Anpassungsmaßnahmen der Wirtschaft führen dann zu einer Annäherung an das volkswirtschaftliche Optimum.

Wenn die Politik versucht, diese theoretischen Leitgedanken in konkrete politische Realität zu überführen, so steht sie oft vor großen Herausforderungen. Ein klassisches Kernproblem besteht darin, dass sich Unternehmen an politische Regelungen anders anpassen als von der Politik gewünscht bzw. erwartet, oft mit gesellschaftlich unerwünschten Nebenwirkungen. Ein zweites Kernproblem besteht darin, dass die Anpassungsmaßnahmen der Wirtschaft auch internationale Wirkungen haben (z. B. Landnutzungswandel). Dieser müsste in die Bewertung der Politikoptionen einfließen, doch ist die konkrete Erfassung bzw. Vorhersage oft kaum möglich. Angesichts der Komplexität des Anpassungsgeschehens kann es leicht dazu kommen, dass die Politik (z. B. unter dem Einfluss von Lobby-Gruppen) Anreize gibt, die die Wirtschaft letztendlich eher vom volkswirtschaftlichen Optimum entfernen (z. B. bei einer falsch konzipierten Biogas-Förderung).

Problematisch ist ferner, dass manche öffentliche Güter nur in ausreichendem Maße bereitgestellt werden können, wenn die Staatengemeinschaft im internationalen Verbund agiert (z. B. Klimaschutz). Hier stehen die Einzelstaaten vor dem Problem, dass nationale Maßnahmen eine Verringerung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit mit sich bringen können, ohne dass garantiert ist, dass sich diese Maßnahme im weiteren Verlauf irgendwann einmal auszahlt.

### **3 Preisentwicklung für Biomasse**

Die Preisentwicklungen der jüngeren Vergangenheit haben die Erzeugung von Biomasse begünstigt. Die Weltmarktpreise für fossile Energieträger sind seit Beginn des neuen Jahrhunderts stark gestiegen (Erdölpreis um den Faktor 5), und seit 2005 haben auch die Agrarpreise ihre jahrzehntelange Talfahrt beendet und sind ebenfalls stark gestiegen (um den Faktor 2).

Zwischen den Energie- und Agrarmärkten besteht ein Zusammenhang. Die Agrarpreise könnten nicht dauerhaft auf das niedrige Niveau von vor 2005 zurückfallen, sofern der Erdölpreis auf hohem Niveau bleibt. Für die Zukunft rechnen viele Fachleute mit hohen Energiepreisen, lediglich unterbrochen von konjunkturellen Preistiefs. In diesem Szenario zieht

dann der Weltenergiepreis den Weltagrarpreis tendenziell weiter nach oben, und die energetische und stoffliche Verwendung von Biomasse nehmen weiter zu. Es ist wichtig zu verstehen, dass diese Entwicklung durch globale Marktkräfte getrieben und auch unabhängig von der politischen Förderung der Bioenergie stattfinden würde.

Es gibt aber auch ein Alternativszenario, das zwar weniger wahrscheinlich, aber keineswegs auszuschließen ist: Endgültiges Scheitern der globalen Klimaschutz-Bemühungen und ein letztes großen Aufbäumen der fossilen Energiewirtschaft, so dass die Energiepreise noch einmal für einen längeren Zeitraum auf Talfahrt geschickt und auch die Agrarpreise mit nach unten gezogen werden (vgl. ausführlich: Isermeyer 2013).

Die Diskussion um die Frage, ob die Preise für Biomasse nun stetig steigen oder ob wir noch einmal eine längerfristige Preisdelle erleben werden, ist vor allem für betriebswirtschaftliche Investitionsplanungen wichtig. Sie sollte aber nicht den Blick dafür verstellen, dass Zeitalter der fossilen Energie in nicht allzu ferner Zukunft zu Ende gehen wird und damit eine Umstellung der Weltwirtschaft (a) auf regenerative Energien und (b) auf nicht-fossile Kohlenstoffquellen früher oder später unausweichlich ist.

Vieles spricht dafür, dass dabei die regenerative Energiegewinnung durch direkte Umwandlung von Solar- und Windenergie in elektrische Energie im Vordergrund stehen wird. Wenn es gelingt, hierfür in den kommenden Jahrzehnten einen internationalen Trassenverbund aufzubauen, kann sich Mitteleuropa auf diese Weise langfristig mit kostengünstiger Wind- und Sonnenenergie aus wind- und sonnenreichen Standorten versorgen. In diesem Verbund wird sich auch das Problem witterungsbedingter Angebotschwankungen lösen lassen, so dass der besondere Vorteil der Bioenergie (Speicherungsfähigkeit) zunehmend schwindet (Ausnahme: Luftfahrt).

Während also die Wettbewerbskraft der Bioenergie, die vom Acker für den direkten Einsatz zur Energieerzeugung gewonnen wird, in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts tendenziell sinken wird, ist mit einem

zunehmenden Bedarf an Biomasse für den Ersatz von Erdöl in der Petrochemie zu rechnen. Dieses Wirtschaftssegment stellt für sich genommen bereits eine Herausforderung für die Weltagrarwirtschaft dar, denn für den Ersatz des Erdöls in diesem Bereich würde eine zusätzliche Ackerfläche in der Größenordnung von 100 Mio. ha benötigt. Das entspricht ungefähr der Expansion, die die Weltagrarwirtschaft in den vergangenen 50 Jahren vollzogen hat.

Aus heutiger Sicht sind somit die großen Trendlinien für die biobasierte Wirtschaft wie folgt vorgezeichnet (vgl. auch Isermeyer 2013):

1. Weiterhin deutlich ansteigender Bedarf an Nahrungsmitteln, bedingt durch Bevölkerungswachstum und steigende Kaufkraft
2. Zunehmender Bedarf im Bereich der Industrie Grundstoffe, wobei eine für den Agrarsektor bedeutende Mengenwirkung vermutlich erst nach Jahrzehnten erreicht wird
3. Im Weltmaßstab zunächst eine noch weiter ansteigende Bedeutung der Bioenergie der ersten Generation, allerdings mit wesentlich geringeren Wachstumsraten als Solar- und Windenergie und zunehmend abgelöst von Bioenergiekaskaden (industrielle Vornutzung, energetische Nachnutzung)

#### 4 Umgang mit Biomasse-Knappheit

Die Aussicht auf weltweit zunehmende Biomasseknappheit führt zu der Frage, wie sich dies auswirken wird und welche Rolle die Politik dabei spielen sollte.

Die Suche nach Antworten sollte von vornherein auf der globalen Ebene angesiedelt werden. Eine Orientierung am Ziel „nationale Selbstversorgung“ stünde in krassem Widerspruch zu den wirtschaftlichen Realitäten, denn Deutschland ist bereits heute in den meisten Biomasse-Segmenten sowohl ein starker Exporteur als auch ein starker Importeur. Für diesen Gütertausch gibt es gute Gründe (Nutzung natürlicher Standortvorteile, Qualitätswettbewerb usw.). Eine nationale Biomasse-Knappheit in dem Sinne, dass keine Möglichkeit zum Zukauf der benötigten

Rohstoffe aus dem Ausland bestünde, erscheint für Deutschland in absehbarer Zukunft ausgeschlossen.

Auf der globalen Ebene hat die Weltwirtschaft grundsätzlich drei Optionen, um mit der zunehmenden Biomasse-Knappheit umzugehen: (a) mehr Biomasse erzeugen, (b) Verluste in der Wertschöpfungskette reduzieren, (c) den Verbrauch in verschiedenen Segmenten einschränken. Die Potenziale sind in allen drei Bereichen sehr groß.

- **Mehr Biomasse erzeugen:** Diesen Pfad beschreitet die Weltwirtschaft seit Jahrzehnten, wobei die Ertragssteigerung viel wichtiger ist als die Flächenausdehnung. Aktuell liegt der Getreideertrag im globalen Durchschnitt bei 3,5 t/ha. Auch wenn die Steigerungsraten prozentual zurückgehen und regional zum Teil sogar Stagnation festzustellen ist, so gibt es doch keine Anzeichen dafür, dass der lineare Anstieg der globalen Produktion künftig nicht weiter fortgeführt werden kann. Die Ackerfläche (ca. 1,5 Mrd. ha) wurde in den vergangenen 50 Jahren um ca. 10% ausgedehnt. Die Experteneinschätzungen über weitere Expansionspotenziale der Ackerfläche gehen weit auseinander (vgl. Isermeyer 2013).
- **Verluste reduzieren:** Groben Schätzungen zufolge fällt ungefähr ein Drittel der weltweit für den menschlichen Verzehr produzierten Nahrungsmittel dem Verlust anheim, d.h. diese Lebensmittel verderben, bevor sie überhaupt die Verbraucher erreichen, oder werden von diesen weggeworfen. Der größere Teil dieser Verluste tritt bei der Produktion, nach der Ernte oder bei der Verarbeitung auf. Diese Problematik betrifft vor allem die Entwicklungsländer, während sich die Nahrungsmittelverluste in den Industrieländern vor allem auf der Ebene der Verbraucher ereignen (FAO 2011)
- **Verbrauch einschränken:** Etwa ein Drittel des weltweit erzeugten Getreides wird an Nutztiere verfüttert. In den Industrieländern liegt der Anteil des verfütterten Getreides sogar bei zwei Dritteln. Es ist offenkundig, dass hier durch eine Einschränkung des Verbrauchs tierischer Lebensmittel ein Beitrag zur Verbesserung der Welternährungs-

situation geleistet werden könnte – vorausgesetzt, es ließe sich dann die globale die Umverteilung der Lebensmittel irgendwie bewerkstelligen (Wissenschaftlicher Beirat 2012). Die zweite „Baustelle“ ist die Bioenergie. Derzeit werden nur ca. 2 % der weltweiten Ackerfläche für Erzeugung von Bioenergie eingesetzt, und das reicht zur Deckung von ca. 0,7 % des Weltenergieverbrauchs. Eine weitere Expansion könnte die Weltagrarwirtschaft jedoch rasch an die Leistungsgrenze führen. Mittel- und langfristig kann die globale Energiewende (vielleicht abgesehen von der Luftfahrt) auch ohne Bioenergie gelingen, so dass ein Überdenken der Bioenergieförderung anzuraten ist (Isermeyer 2013).

Biomasse ist kein öffentliches, sondern ein privates Gut. Daher können wir grundsätzlich darauf vertrauen, dass der Markt die veränderte Knappheit zum Ausdruck bringt. Bei steigenden Biomasse-Preisen werden dann mehr als 7 Milliarden Akteure dafür sorgen, dass mehr Biomasse produziert, weniger Biomasse verschwendet und in einzelnen Segmenten auch weniger Biomasse verbraucht wird.

Bei dieser Ausgangslage sollte die deutsche Politik sehr gründlich überlegen, was sie dem Markt überlassen kann und auf welche Aktivitäten sie ihre knappen Mittel konzentriert. Zwei Leitfragen bieten hierbei Orientierung, sie werden deshalb im Folgenden adressiert:

1. Wie kann Deutschland einen optimalen Beitrag dafür leisten, dass die zunehmende Biomasseknappheit die globalen Nachhaltigkeitsziele nicht gefährdet?
2. Was kann die Politik tun, um die „Deutschland-AG“ für das postfossile Zeitalter möglichst wettbewerbsfähig aufzustellen?

## 5 Politikziel „Globale Nachhaltigkeit“

Bei der Konzipierung der Maßnahmen, die auf globale Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet sind, tendieren wir in Deutschland bisher dazu, unsere volkswirtschaftliche Kraft in einer Vielzahl von nationalen

Aktivitäten zu vergeuden, obwohl wir eigentlich wissen müssten, dass der Beitrag zu den globalen Zielen praktisch gleich null ist.

Ob beispielsweise Deutschland etwas mehr Fläche stilllegt oder nicht, etwas mehr Lebensmittelabfälle sammelt oder nicht, etwas mehr Bioenergie fördert oder nicht – all das wird in unserem Lande heiß diskutiert und mündet in teure Politikmaßnahmen, ist aber, gemessen an den globalen Biomasse-Bilanzen und an den Anpassungspotenzialen der globalen Biomassemärkte, von verschwindend geringer Bedeutung.

Wir rechtfertigen solche Maßnahmen – sofern überhaupt Kritik aufkommt – in der Regel mit dem Argument, unser gutes Vorbild werde viele andere Länder der Welt anspornen, uns nachzueifern, so dass im Laufe der Zeit schrittweise ein weltweiter politischer Gleichklang mit großer Wirkung entsteht. Empirische Evidenz dafür, dass dieses Argument stimmt, lässt sich jedoch bisher allenfalls bei der Verbreitung einzelner Umweltschutz-Technologien finden; ein prominentes Beispiel hierfür ist der Verzicht auf FCKW-haltige Kältemittel. Die jüngere Geschichte der internationalen Klimaschutzpolitik nährt jedoch Zweifel. Es ist fraglich, ob wir bei komplexeren Herausforderungen, die sich nicht mit einer einzelnen technologischen Veränderung in den Griff bekommen lassen, wirklich darauf hoffen können, die internationale Staatengemeinschaft werde sich früher oder später am deutschen Vorbild orientieren.

Vor diesem Hintergrund hat der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik (2007) für die Klimaschutzpolitik vorgeschlagen, einen substanziellen Teil der Haushaltsmittel, die Deutschland hier für globale Nachhaltigkeitsziele einsetzen möchte, gezielt in die Entwicklung und Umsetzung international ausgerichteter Strategien zu investieren.

Ferner hat der Beirat die Schlussfolgerung gezogen, dass die Politik – solange keine wirklich effektiven globalen Steuerungssysteme zum Umgang mit Biomasse-Knappheit existieren – im Zweifel besser solchen Strategien den Vorzug geben sollte, die nicht zu einer weiteren Belastung der globalen Agrarwirt-

schaft führen. Konkret bedeutet das: Vorsicht mit der Förderung der Biomasse-Verwendung für die Energie-Erzeugung.

Wie wichtig diese beiden Empfehlungen sind, zeigt die Geschichte der Zertifizierungssysteme im Bereich Bioenergie, die nach 2007 eingeführt worden sind. Der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik (2007) hatte auf den sehr begrenzten Nutzen solcher Systeme, die damals in Planung waren, hingewiesen. Sie können nämlich nur sicherstellen, dass importierte Biomasse nicht unmittelbar von ökologisch sensiblen Standorten kommt, sind aber kein brauchbares Instrument gegen die indirekten Landnutzungseffekte (ILUC) sind, die durch die zunehmende Biomasse-Verwendung ausgelöst werden und die sich nachteilig auf ökologische sensible Standorte auswirken. Auch aus diesem Grund hat er eine Revision der Bioenergie-Förderung empfohlen.

Dieser Ratschlag fand in der Politik damals jedoch kein Gehör. Sie baute die Biomasse-Förderung aus und installierte die Biomasse-Zertifizierung als Instrument gegen negative Umweltwirkungen. Erst nach weiteren sieben Jahren setzt sich nun auch in der Politik die Erkenntnis durch, dass die Förderung der Bioenergie mit wesentlich mehr Augenmaß erfolgen muss als in der Frühphase der Fall war.

Insgesamt ist festzustellen, dass die (sehr große) Anzahl der Politikmaßnahmen, die in Deutschland und der EU im Bereich der Bioökonomie mit angeblichen positiven Wirkungen auf globale Nachhaltigkeitsziele „begründet“ werden, in einem bemerkenswerten Missverhältnis zu der (sehr dürftigen) strategischen Aufarbeitung dieses Politikfeldes steht. Da eine global ausgerichtete Gesamtstrategie fehlt, können alle Akteure für sich reklamieren, einen „Beitrag“ zu leisten. In der Regel bleibt ungeprüft, ob der jeweilige Beitrag nennenswerte Bedeutung zur Erreichung des globalen Ziels hat oder nicht, und es wird nicht verglichen, wie effektiv bzw. effizient die unterschiedlichen Beiträge sind. Damit entziehen sich die Einzelmaßnahmen der Evaluierbarkeit – alle Maßnahmen sind „gut“, auch wenn das angestrebte Gesamtziel letzten Endes nicht erreicht wird.

Ein besonders augenfälliges Beispiel für eine solche Politik gibt die aktuelle Reform der EU-Agrarpolitik. Hier werden nun jährliche Direktzahlungen in Höhe von vielen Milliarden Euro explizit mit Klima- und Biodiversitätszielen begründet, obwohl die Wissenschaft schon früh darauf hingewiesen hat, dass das System flächendeckender Direktzahlungen grundsätzlich keine geeignete Architektur zur Erreichung solcher Ziele darstellt (Wissenschaftlicher Beirat 2010). So war es keine Überraschung, dass die Analysen der inzwischen vereinbarten, konkreten Politikmaßnahmen haben zu keiner günstigen Beurteilung geführt haben (Schmidt et al., 2014).

Da die praktische Agrarpolitik und die benachbarten Politikfelder vom hektischen Tagesgeschäft dominiert werden, müsste eigentlich die staatlich finanzierte Wissenschaft antreten, um die erforderlichen Langfriststrategien auf nationaler und internationaler Ebene konkret auszuarbeiten. Das unterbleibt jedoch, weil die Forschungspolitik die Anreiz- und Belohnungssysteme für den Wissenschaftsbetrieb in eine ganz andere Richtung entwickelt hat.

Die Wissenschaft zieht sich daher in aller Regel auf den Standpunkt zurück, die Entwicklung gesellschaftspolitischer Strategien sei nicht ihre Sache, sondern Aufgabe der Politik. In Forschungsprogrammen und Forschungsanträgen behauptet sie dann aber hunderttausendfach, oft geradezu floskelhaft, ihre Arbeiten dienen globalen Zielen (Biodiversität, Klimaschutz, Klimawandel, Nachhaltigkeit usw.). Anschließend gibt sie sich der Hoffnung hin, ihre Forschungsergebnisse fließen irgendwie in eine großartige Gesamtstrategie ein und entfalten dort gesellschaftlichen Nutzen – was aber zumeist nicht stattfindet, weil (a) keine wirklich überzeugenden globalen Nachhaltigkeitsstrategien existieren und (b) die Akteure in den Ministerien, Parlamenten, internationalen Organisationen inzwischen nur noch einen winzig kleinen Teil der wissenschaftlichen Einzelergebnis-Flut überhaupt zur Kenntnis nehmen können.

Fazit: Die zu erwartende Verknappung der Biomasse gefährdet die Nachhaltigkeit der globalen Wirt-

schaft. Um dem wirksamer als bisher entgegenzuwirken, sollte die deutsche Politik in folgende Richtung weiterentwickelt werden:

- a. Es sollten wesentlich mehr Mittel eingesetzt werden, um im internationalen Verbund global ausgerichtete Strategien zu entwickeln und umzusetzen. Der deutschen Wissenschaft sollten größere Anreize geboten werden, um auf diesem Feld nachhaltige Führungsrollen einnehmen zu können.
- b. Nationale Politiken, die keine nennenswerten Beiträge zu globalen Zielen bringen, sondern nur mit diesen Zielen „begründet“ werden, sollten kritisch überprüft werden.
- c. Solange keine effektiven globalen Steuerungssysteme zum Umgang mit Biomasse-Knappheit etabliert sind, sollten wir im Zweifel besser solchen Politikstrategien den Vorzug geben, die nicht zu einer weiteren Belastung der globalen Agrarwirtschaft führen.

## 6 Politikziel „nationale Wettbewerbsfähigkeit“

Wenn die globale Nachfrage nach Biomasse steigt und sich die Weltwirtschaft zunehmend auf biobasierte Verfahren umstellt, dann werden sich auch für den Standort Deutschland zusätzliche Chancen auf bioökonomische Wertschöpfung und Etablierung nachhaltiger wettbewerbsfähiger Arbeitsplätze in diesem Wirtschaftssegment ergeben.

Bioökonomie wird sich jedoch in internationaler Arbeitsteilung entwickeln. Somit stellt sich die Frage, wo genau die Wettbewerbspotenziale für den Standort Deutschland liegen und wie sich der nationale Bioökonomie-Sektor optimal aufstellen kann, um diese Chancen zu nutzen. Es wäre tragisch, wenn Deutschland in der allgemeinen Bioökonomie-Euphorie ausgerechnet „am falschen Ende“ investiert, d. h. auf jene Zweige setzt, die hier künftig geringe Wettbewerbspotenziale bieten.

Die Suche nach den „richtigen“ Ansatzstellen ist eine schwierige Aufgabe, der sich gegenwärtig eine Arbeitsgruppe des Bioökonomierats widmet. Für die verschiedenen Wirtschaftssektoren (Chemie, Automobil usw.) soll dabei zunächst weltweit abgeschätzt

werden, welche Zukunftsperspektiven biobasierte Verfahren vermutlich haben werden, und dann im nächsten Schritt, wie dabei die Wettbewerbsposition Deutschlands jeweils einzuschätzen ist. Im dritten Schritt ist dann abzuschätzen, (a) wie sich sektorübergreifende Synergien erzielen lassen (z. B. Kaskadennutzung von Biomasse), (b) welche Entwicklungspfade für den Standort Deutschland besonders gut „passen“ und welche weniger gut, (c) welche Schlussfolgerungen sich daraus für die Strategie der Bundesregierung ableiten lassen.

Wie weit dieser ambitionierte Gesamtansatz trägt, bleibt abzuwarten. Ein erstes Zwischenergebnis hat der Bioökonomierat (2014) kürzlich zur öffentlichen Diskussion gestellt, es beschränkt sich allerdings nur auf das Teilziel „Optimierung des Beitrags der deutschen Landwirtschaft zur Wettbewerbsfähigkeit der Bioökonomie“. Hier werden folgende Handlungsempfehlungen für die Politik gegeben:

**EU-Agrarpolitik:** *Anstelle des abermals verlängerten Systems der Direktzahlungen, die nun „begrünt“ werden, sollte die EU-Agrarpolitik zielgerichtete Instrumente ins Zentrum rücken.*

Begründung: Die derzeitige, flächenorientierte Subventionierung ist für die Wettbewerbsfähigkeit des Ackerbaues nicht nötig. Die begrüneten Direktzahlungen sind als umweltpolitisches Instrument kaum wirksam. Mit einem zielgerichteten Einsatz dieser Finanzmittel wäre es möglich, einen wesentlich größeren Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit zu leisten und zugleich die gesellschaftlichen Erwartungen hinsichtlich Tierwohl, Umweltschutz, etc. besser zu erfüllen.

**Nutztierhaltung:** *Bund und Länder sollten gemeinsam einen nationalen Konsensprozess zur Zukunft der Nutztierhaltung einleiten, der überparteilich und langfristig ausgerichtet ist.*

Begründung: Für die künftige Wettbewerbsfähigkeit der Nutztierhaltung ist die gesellschaftliche Akzeptanz von größter Bedeutung. Die kritischen Debatten der jüngeren Vergangenheit haben zwar vielfältige Aktivitäten in Politik und Wirtschaft ausgelöst, die allerdings

unkoordiniert und in ihrer Gesamtheit vermutlich unzureichend sind. Benötigt wird eine Langfrist-Strategie, die nicht nur auf technische Innovationen abstellt, sondern sich auch mit den gesellschaftlichen Erwartungen auseinandersetzt (vgl. DAFA 2012).

**Bioenergie:** *Die EU und der Bund sollten die staatliche Förderung von Bioenergie-Linien, die in Konkurrenz zur Erzeugung von Nahrungsmitteln stehen, grundlegend revidieren.*

Begründung: Der Anbau von Bioenergie mindert die Wettbewerbsfähigkeit von Nahrungsmitteln oder biogenen Industrieerzeugnissen. Bioenergie-Förderung birgt bei falscher Handhabung Risiken für Umwelt, Klimaschutz und Welternährung. Andere regenerative Energieträger (Wind, Solar) haben langfristig größere Potenziale und geringere Risiken. Bioenergie sollte daher nur in Ausnahme-Konstellationen gefördert werden (z.B. Gehölzstreifen in Biotopverbund-Systemen).

**Agrobiodiversität:** *Die Bundesregierung sollte ihre sogenannte „Eiweißstrategie“ revidieren und stattdessen eine international abgestimmte Agrobiodiversitäts-Strategie entwickeln.*

Begründung: Die internationale Wettbewerbssituation in der Pflanzenzüchtung führt dazu, dass sich die Ertragsschere zwischen globalen Leitkulturen und anderen Kulturen weitert. Das begünstigt enge Fruchtfolgen und führt zu erhöhten Ertragsrisiken. Dieser Problematik ließe sich nur durch international abge-

stimmte Strategien wirksam begegnen. Die Eiweißstrategie der Bundesregierung, die unter anderem den Anbau der globalen Leitkultur Sojabohne fördert, ist diesbezüglich unzureichend fokussiert.

**Wassernutzung:** *Bund und Länder sollten eine Wassernutzungsstrategie entwickeln, die auf eine produktivere Land-, Forst- und Fischwirtschaft abzielt, bei insgesamt positiver Ökobilanz.*

Begründung: Deutschland lässt einen Großteil des Regenwassers ungenutzt in die Meere fließen. Ein sorgsamerer Umgang mit dieser Ressource könnte helfen, Pflanzenerträge in Trockenjahren und Trockenregionen zu steigern. Durch die Integration von Aquakulturen in agrarische Produktionssysteme ließen sich Synergien erzielen. Politische Strategien hierzu gibt es kaum, u.a. aufgrund unzureichender Bund-Länder-Koordination.

**Agrarforschung:** *Bund und Länder sollten der Agrarforschung höhere Priorität beimessen und Mechanismen etablieren, die ihre Effizienz und Effektivität verbessern.*

Begründung: Für das Ziel, den Agrarsektor als Teil der Bioökonomie möglichst wettbewerbsfähig aufzustellen, kann die Agrarforschung einen großen Beitrag leisten. Dies erfordert (a) eine ausreichende Finanzierung, (b) eine gute ressortübergreifende Zusammenarbeit bei der Forschungsförderung, (c) Anreiz- und Belohnungssysteme, bei denen interdisziplinäre und anwendungsorientierte Forschung nicht benachteiligt wird.

## 7 Literatur

Bioökonomierat (2014): Landwirtschaft in Deutschland – ihre Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit der Bioökonomie. Entwurf, veröffentlicht im Mai 2014.

FAO (2011): Global food losses and food waste—Extent, causes and prevention. Rome

Isermeyer, F. (2013): Dilemma zwischen Energie- und Nahrungspflanzen? Nova Acta Leopoldina NF 118, Nr. 400, 223–248.

Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim BMELV (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung. Berlin.

Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim BMELV (2010): EU-Agrarpolitik nach 2013. Plädoyer für eine neue Politik für Ernährung, Landwirtschaft und ländliche Räume. Berlin.

Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim BMELV (2012): Ernährungs-sicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung. Berlin.

Deutsche Agrarforschungsallianz (2012): Fachforum Nutztiere. Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft – gemeinsam für eine bessere Tierhaltung. Braunschweig

Schmidt, T.G, N. Röder, J. Dauber, S. Klimeck, A. Laggner, T. de Witte, F. Offermann, B. Osterburg (2014): Biodiversitätsrelevante Regelungen zur nationalen Umsetzung des Greening der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU nach 2013. Thünen Working Paper 20, Braunschweig.

## Diskussion



LOY, KIEL

Warum ist es so unpopulär geworden, über mehr Energieeinsparung nachzudenken? Dann kann man sehen, in welchem Bereich ist denn das relevant. Auf der einen Seite haben wir den Wärmebedarf, der größere Teil ist aber die Mobilität. Ich sehe im Moment nicht konsequent Dinge im Mobilitätsbereich. Gibt es da keine Ideen? Haben wir zu viel Angst vor den Autofahrern? Was ist da das Problem? Das ist eine Sache, wo wir auch international gesehen eine Rolle spielen könnten, auch gerade was sie sagen in Bezug auf ihr zweites Ziel. Was ist unsere Position im post-fossilen Zeitalter?

ANTWORT

Es ist das Problem von solchen kurzen Überblicksvorträgen, dass sie immer extrem holzschnittartig sein müssen. Wenn wir genau hineinleuchten würden, beispielsweise in den Forschungsplan der Bundesregierung, dann finden wir auch heute noch sehr viele Projekte, auch im Bereich der Energieeinsparung, auch im Bereich der Mobilität. Insofern ist das vielleicht in der öffentlichen Wahrnehmung im Augenblick nicht ganz so prominent, aber da wird natürlich auch viel gearbeitet. Mein Grundansatz ist dort folgender: Wenn es darum geht, technische Fortschritte zu entwickeln, dann haben wir als Hochtechnologiestandort grundsätzlich eine große Verantwortung und eine große Chance. Der Charme von technologischen Lösungen besteht ja immer darin, dass die das Potential haben, sich dann durch die Kraft der

Weltmarktwirtschaft um den ganzen Globus zu verbreiten. Da haben wir wirklich einen Hebel. Der Charme der regulatorischen Geschichte, Tempo 100 auf Autobahnen, was man sich da vorstellen könnte, ist demgegenüber deutlich geringer, weil dann sparen wir ja hier nur ein bisschen Energie ein, können pflichtschuldig der Weltgemeinschaft berichten, bisschen Energie eingespart. Das führt zu einer marginalen Senkung der Weltenergiepreise und das bildet dann entsprechende Anreize für mehr Produktion in anderen Teilen der Welt, d. h., der Effekt verpufft sehr stark. Deswegen würde ich in der Tendenz immer dazu raten, technologische Fortschritte ja, ganz wichtig, aber bei dem pflichtschuldigen kleinen Einsparungsprogramm hier in Deutschland lieber die Finger von lassen und die Energie, die man da reinsteckt, lieber in Welteinsparungsprogramme stecken. Das bedeutet Investitionen, Diplomatie. Das muss dann schon im internationalen Verbund eingesetzt werden, um wirklich echte Mengen zu erzielen.

KALM, KIEL

Achten die Verbraucher wirklich auf die Tierhaltungsformen? Z.B. wie wird das Schwein gefüttert bzw. gehalten. 70–80 % der Bevölkerung kaufen das Essen über den Preis, wenn Sie u.a. auch an die Kantinen, Mensen denken. „Lieschen Müller“ in Essen hat wenig Interesse an der Haltung. Die kauft ihr Kotelett bei Lidl und Aldi oder wo auch immer. Und wir, und das wurde uns von Herrn Schwerin deutlich dargestellt, wir kümmern uns um die 20 % – oder

vielleicht sind es auch nur 10 % – um diese massive Kritik, die sie hier auch vorgetragen haben. Heute wird in der Forschung für Tierwohl ein erheblicher Aufwand betrieben. Wie ist denn dieser Effekt einzuordnen? Hat man das auch schon mal in irgendeiner Form ökonomisch bewertet, dass solche Maßnahmen nachher wirklich Auswirkungen haben? Essen wir weniger oder essen wir mehr, nur weil 20 oder 10 % vielleicht sagen, dass passt mir nicht. Sie haben richtig darauf hingewiesen, die Pflanzenbauern sollen auf die genetischen Ressourcen achten. Sie sind ja auch Mitglied im Ökonomierat, der seine Forschungsempfehlungen sehr pflanzenbaulastig ausgerichtet hat und die Nutztiere kaum erwähnt! Wenn wir heute sehen, Geflügelzucht weltweit, dann gehört Lohmann Tierzucht mit zu den bedeutendsten Zuchtfirmen. Bei den Schweinen haben wir keinen Player in dem Sinne mehr. Es kümmert sich kaum einer um die Schweineherdbuchzucht oder was auch immer. Es werden eben weltweit die Schweine von Zuchtunternehmen geliefert. Bei den Rindern haben wir es noch in der Hand. Deswegen bin ich ein bisschen enttäuscht vom Bioökonomierat. Die Pflanzenbauer haben vielleicht eine bessere Lobby, wie die mittelständischen Saatzuchtunternehmen. Den bäuerlichen Mittelstand in den Tierorganisationen vergisst man wohl.

#### ANTWORT

Unser Vorsitzender Herr von Braun wird das gleich noch bestätigen, dass der Bioökonomierat einen Vorteil hat. Er kann sehr gut zuhören und er ist anpassungsfähig. Vor dem Hintergrund kann ich auch intern sagen: Nicht nur Herr Schwerin, sondern auch andere, auch ich persönlich, sind da schon sehr daran interessiert, die Fahne der Nutztierhaltung hoch zu halten und ich glaube, es ist auch in meinem Vortrag bei meinen kritischen Bemerkungen zur europäischen Agrarpolitik deutlich geworden, dass wir hier die Mittel anders günstiger einsetzen könnten. Nicht weil ich aus dem Bauch heraus sage, Nutztiere gefallen mir besser als Weizen, sondern weil ich der Meinung bin, dass wir bei den voraussichtlichen Preisen, die wir künftig in der Weltpflanzenproduktion zu erwar-

ten haben, die Direktzahlungen bisheriger Größenordnungen einfach nicht brauchen. Das ist einfach konsumtive Zahlung, die sich nachher in höheren Grundrenten wiederfindet. Man könnte mit diesem Steuergeld gezielter etwas machen. Insofern auch das Thema Biodiversität im Sinne von Nutztieren. Wie man das organisiert, nehme ich gerne mit auf. Das werden wir sicherlich in unsere Beratungen mit einbringen. Vielen Dank für die Anregung.

Der erste Punkt, den sie angesprochen hatten. 80 % kaufen billig und interessieren sich eigentlich nicht wirklich. Aber in den Meinungsumfragen sind leider auch 80 % kritisch zur modernen Nutztierhaltung. Das müssen wir schon auch so hinnehmen und es ist natürlich so, dass die Lizenz zum Produzieren einer Menge nicht von der Wirtschaft selbst ausgestellt wird, sondern von der Politik. Deswegen ist es der deutschen Forschungsallianz so wichtig gewesen, in ihrer Forschungsstrategie eben auch diese Lizenz zum Produzieren in den Blick zu nehmen. Denn mit den üblichen Floskeln in Bauernversammlungen, man muss dem Verbraucher nur besser erklären, was wir eigentlich tun, geht es nicht. Das sagen uns alle Kommunikationswissenschaftler und deswegen kann man da geschickter agieren, um längerfristig tatsächlich eine gesellschaftliche Akzeptanz für die Nutztierhaltung herzustellen. Aber das bedeutet, dass alle, die im Bereich der Nutztierhaltung unterwegs sind, tatsächlich auch von der inneren Einstellung bereit sein müssen, diesen Dialog mit der Gesellschaft ergebnisoffen zu führen. Wenn dann gesagt wird, die haben doch gar keine Ahnung und lass uns mal machen. Das wird nicht funktionieren. Deswegen unsere umfassende Strategie, und ich bin eigentlich nach wie vor optimistisch, dass wir hier einen ordentlichen Schritt weiterkommen werden.

#### BRUNSCH, POTSDAM

Es hören ja nicht alle auf sie, sonst hätten sie nicht so kritische Worte, aber viele hören auf ihre Worte. Insofern ist es mir wichtig, da wir gestern sehr viel über kaskadische Nutzung von Biomassen gesprochen haben und sie heute eigentlich immer nur über

Biomasse gesprochen haben und die energetische Nutzung von Biomasse auch bewusst und richtigerweise kritisiert haben. Aber das bezieht sich nur auf die primäre Biomasse und ich würde einfach darum bitten, dass das auch in den Aussagen stärker differenziert wird, weil wir in den Biomassen einfach ein Riesenpotential haben, was wir gestern auch diskutiert haben, in verschiedenster Form stofflich und energetisch weiter nutzen sollen. Deswegen meine Bitte. Ihre Position dazu, ob ich sie nur verkürzt verstanden habe und wenn das so war, dann meine Bitte für die Zukunft. Bitte klarer ausdrücken!

ANTWORT

Herzlichen Dank für die aus meiner Sicht auch sehr wichtige Ergänzung. Sie haben mich nicht verkürzt verstanden, ich habe mich verkürzt geäußert. Ich stimme da völlig mit ihnen überein. Im Grunde zäumen wir das Pferd von hinten auf, wenn wir erst mal hier Bioenergieproduktion auf dem Acker selbst fördern und uns dann überlegen, wie wir mit den Nebenprodukten umgehen. Anders herum sollte man eigentlich herangehen. Aber es ist ja das Wesen der Bioökonomie, dann tatsächlich den gesamten Prozess, die gesamte Wertschöpfungskette mitzunehmen und es ist völlig falsch, dann auch zu sagen, Bioenergie ist gut oder ist schlecht. Bioenergie hat es schon immer gegeben. Bioenergie wird künftig definitiv eine größere Rolle spielen als früher, weil das postfossile Zeitalter irgendwann zu Ende geht. Die Herausforderung besteht darin, sie so intelligent einzuhängen in die Nutzungskaskaden, dass sie die übrigen Produktionsprozesse synergetisch befördert.

BAHRS, HOHENHEIM

Ich greife einen ihrer letzten Punkte auf, das Wasser, mit dem Hinweis, wir haben hier viel weniger Stauseen abseits der Food-Schiene. Ich habe mich daraufhin gefragt: Ist das nicht einfach eine Reaktion des Marktes, dass wir hier viel weniger Stauseen haben? Dass wird zwar an einzelnen Stellen der agrarischen Biomasse eine Knappheit haben, aber letztlich ist ein Mehr an Stauseen einfach gar nicht erforderlich.

ANTWORT

Ich denke, für die Erklärung der Vergangenheit ist das genau die passende Erklärung. Wenn wir nun in die Zukunft blicken und dann dem Szenario stärkere Biomasse knapp halten, aber entgegensehen und auch das Szenario Klimawandel, dann schätze ich das auf der Grundlage der mir bekannten Ergebnisse so ein, dass der Klimawandel sich auf die deutsche Agrarwirtschaft nicht in erster Linie so auswirken wird, dass es schwieriger wird, landwirtschaftliche Produktion zu betreiben. Wir werden ja relativ gut verschont und haben eben auch Anpassungspotentiale in der Landwirtschaft. Die größere Auswirkung des Klimawandels kommt wahrscheinlich über die Märkte. Weil in anderen Teilen der Erde der Klimawandel stärker zuschlägt und damit die Knappheiten sich verschärfen und dann natürlich auch die globale Verantwortung Deutschlands gefragt ist. Hier bietet dann ein sorgsamerer Umgang mit dem Wasser eine Chance. Bei höheren Preisen für Agrarprodukte – wir haben ja jetzt schon eine Verdopplung und vielleicht wird es dann noch mehr – stellen sich die Rentabilitäten einer Wassernutzung auch anders dar. Das erkennen auch Landwirte in vielen Landesteilen und jetzt kommt plötzlich die untere Naturschutzbehörde, wer auch immer, und sagt nein, das ist unökologisch. Hier ist es wichtig, dass wir diese Blockadehaltungen auch wissenschaftlich mal adressieren und fragen, worum geht es denn eigentlich wirklich. Was heißt hier unökologisch. Wie können wir denn Umweltwirkungen wirklich auch messen und dann eine Optimierung der Wassernutzung künftig herbeiführen. Ich denke dabei offen gestanden noch gar nicht an die großen Stauseen. Das können vielleicht auch kleinere, intelligente Staugewässer sein, die man in den Agrarlandschaften anlegen könnte. Man muss überhaupt diese Denke anschalten und insbesondere nicht nur bei Unternehmen, sondern auch bei den Genehmigungsbehörden.

HARTUNG, KIEL

Sie haben einige dieser regenerativen Energiefelder ein wenig beleuchtet, Wind, Photovoltaik, Biogas usw.

Momentan in der Diskussion ist es ja oft so, dass man sich auf einzelne stürzt und in sich selber diskutiert und sie sagten, wo liegen jetzt die Potential unserer Deutschland AG? Liegen sie nicht mehr darin, ich nenne das intelligentes, dynamisches, schnell reagierendes Vernetzen. Dass das nicht eines unserer Ziele sein sollte, weil das ja durchaus etwas ist, was man an andere exportieren könnte.

ANTWORT

Im Bereich der Technologieentwicklung würde ich ihnen uneingeschränkt zustimmen. Die Frage der Technologieanwendung im Sinne des Hinein-subventionierens in die Fläche, da wäre ich tatsächlich vorsichtig hier am Standort Deutschland.

Mich stört offen gestanden, dass ausgerechnet im Bereich der Energieversorgung die Bundesregierung, aber alle Parteien im deutschen Bundestag, dieses in der Region, für die Region, aus der Region so nach vorne bringen. Wenn der liebe Gott bei irgendeiner Produktbranche die internationale Arbeitsteilung vorhergesehen hat, dann in der Energiewirtschaft. Den Wind sollte man da ernten, wo er ordentlich weht. Die Sonne sollte man da ernten, wo sie ordentlich scheint und ein ordentliches Kabel wird man auch noch bauen können. Unsere Großvätergeneration, die Kanalisation, die Verkehrswege und überhaupt, die unser Land geschaffen haben, so sollte es unserer Generation eigentlich möglich sein, uns im Bereich der Energieinfrastruktur für die post fossile Welt aufzustellen. Wir können uns ja Zeit lassen. Wir können noch 50 Jahre Zeit geben und da wird wahrscheinlich die internationale Arbeitsteilung eine große Rolle spielen und es gibt auch Einwände. Wir wollen uns doch nicht alle von den Nordafrikanern abhängig machen. Aber das sind so Totschlagargumente. Darum geht es natürlich nicht. Es geht darum, auch wirklich eine risikoarme, aber interregional vernetzte, international vernetzte Energieversorgungsinfrastruktur aufzubauen.

WOLFFRAM, KIEL

Sie haben mehrfach angesprochen, beim Abwägen von politischen Maßnahmen mehr Investitionen in Diplomatie zu setzen. Was heißt das konkret? Brauchen wir mehr Botschafter, mehr Menschen? Wo und für was soll das Geld ausgegeben werden?

ANTWORT

Die Frage habe ich auch bekommen als wir diese Idee geboren haben. Es ist ja keine Welt bewegende Idee. Als wir diese Schlussfolgerung gezogen haben 2007 bei der Fertigstellung des Biomassegutachtens des wissenschaftlichen Beirates. Es drängt sich geradezu auf, weil wir beim Thema Treibhausgase eine globale Problematik haben und es völlig ausgeschlossen ist, mit nationalen Alleingängen einen nennenswerten Effekt zu erreichen. Die von den Politikern gern gebrauchte Argumentation: Wir schreiten hier in Deutschland erst einmal mit Superbeispiel voran und dann gucken alle über den Zaun und sagen, toll, was die machen und dann wird die Welt gut. Das funktioniert so nicht. Das hat bei den Kühlschränken und der Ozonschicht ganz gut funktioniert, aber das war ein Sonderfall. Die Klimaschutzverhandlungen zeigen, dass es so wahrscheinlich nicht funktioniert. Also drängt es sich auf, überhaupt erst einmal die Frage in den Raum zu stellen: Wie könnte man eine Milliarde sinnvoll einsetzen, um einen möglichst großen Effekt zur Verminderung der globalen Treibhausgasimmission zu erzielen. Als Unternehmer, als Chef der Deutschland AG würde ich genau diese Frage platzieren und einen Ideenwettbewerb ausrufen und dann müsste man mal gucken, was passiert. Das ist allemal sinnvoller als die dritte Milliarde in die Biogasförderung oder in irgendetwas vergleichbares hier am Standort zu stecken. Was bei dem Ideenwettbewerb rauskommt, da fragen sie mich leider auch noch zu früh.

KRUSE, BERLIN

Eine ergänzende Frage. Sie sprechen von der Deutschland AG, agrarpolitisch reden wir eigentlich immer nur von Europa. Wie sieht es eigentlich in Eu-

ropa aus mit diesen Ideen? Gibt es da Ansätze? Gibt es da Tendenzen, eher in diese Richtung zu gehen, die sie angedeutet haben oder ist das ein allgemein europäisches Problem? Welche Rolle von Europa könnten wir eigentlich nutzen, um diese Ziele auch weltweit, die sie angesprochen haben, mehr in den Vordergrund zu rücken.

ANTWORT

Kurz vor der Europawahl eine brisante Frage, die sie da aufwerfen. Generell ist meine Erfahrung die, dass der Unterschied zwischen wissenschaftlichen Empfehlungen und politischem Handeln ja daher rührt, dass Wissenschaft und Politik nach ganz unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten funktionieren, was wahrscheinlich auch sinnvoll ist. Wissenschaft ist Ziel mittelorientiert, also welches Ziel, welche Handlungsoptionen, welche Bewertung, welche Mittel. Politik funktioniert als Druckausgleich, Interessenausgleich. Das Normale im politischen Geschehen ist weiter wie bisher und dann kommen die Lobbyisten und Interessenverbände und bestürmen die Politik und versuchen dann, einen Mittelweg zu organisieren.

Nach meiner Einschätzung ist durch die Veränderung der Entscheidungsstrukturen in Europa das so gar noch gefestigt worden. Wenn man jetzt noch das Parlament dabei hat, ist die strategische Kraft Europas, etwas völlig neues aus dem Boden zu stampfen, nicht unbedingt gestiegen. Das ist meine persönliche Bewertung, aber ich sehe weniger Möglichkeiten in Europa, politisch ganz was Neues auf die Schiene zu bringen. Man könnte es eigentlich nur hinbekommen, indem die Wissenschaft zusammen mit der EU-Kommission sich einfach den Mut nimmt, mit brillanten Ideen aufzuwarten, die aber auch sehr umsetzungsnah sein müssten und dann einfach die Menschen begeistert. Wenn man das nicht hinbekommt, wird sich die europäische Politik auch weiterhin nach dem bisherigen Prinzip bewegen und dann sehe ich wenig Impulse von dort.

KANTELHARDT, WIEN

Ich möchte eigentlich den Aspekt noch einmal ansprechen und um ihre Meinung bitten. Ich habe das in den letzten Aussagen so empfunden, dass sie das insgesamt ein bisschen negativ sehen. Es gibt ja doch eine recht breite Diskussion und im Endeffekt bezüglich die Autarkie. Das so etwas mit einer stärkeren Regionalität zu tun hat und das gibt es bezüglich Energie – sie wissen, ich komme aus Österreich. Dort wird das sehr stark betont. Es ist auch bezüglich dieses Sojaanbaus, was ja eine Initiative ist und so ein bisschen in die Richtung geht. Ich weiß, dass bezüglich Arbeitsteilung und solchen volkswirtschaftlichen Ansätzen es auch Argumente dagegen gibt, aber es gibt durchaus auch Argumente dafür, auch bezüglich regionaler Akzeptanz. Das ist ja gerade bei solchen großen Projekten, wie sie skizziert haben, sicherlich ganz entscheidend. Können sie sich dazu positionieren? Sehen sie das grundsätzlich negativ oder könnten sie eine Politik der kleineren Schritte nachverfolgen?

ANTWORT

Ich habe versucht, ein Plädoyer dafür zu entwickeln, dass die Politik sehr sorgfältig vorab überlegt, was ist wirklich eine politische Aufgabe und was überlässt man besser den Wirtschaftsakteuren und dem Markt. Ich glaube, dass überall festzustellen ist, dass die Verbraucher Produkte aus der Region sehr schätzen oder auch regionale Energieversorgungskonzepte sehr schätzen. Deswegen würde ich dem auch freien Lauf lassen und auch die Wirtschaftsakteure ermutigen, diese Nachfrage zu befriedigen. Von daher bin ich selber auch als Bürger und Verbraucher solchen Konzepten sehr aufgeschlossen gegenüber. Wenn die Politik antritt, die Energieversorgung Deutschlands beispielsweise für die Zukunft dann aufbauen zu wollen und dann beispielsweise die Bioenergie ins Zentrum rückt, dann müssen wir uns natürlich die Zahlen anschauen. Im Augenblick gibt es 20 % Ackerflächeneinsatz in Deutschland und etwa 3 % Energieversorgungsbeitrag. Da muss man einfach sagen: Das sind die Fakten und dann helfen mir auch die synergistischen Einbindungen irgendwann nicht

mehr so ganz viel weiter. Bei dem Thema Soja würde ich sagen, es hängt vom Ziel ab. Wenn es das Ziel ist, verengte Fruchtfolgen aufzulockern, dann habe ich überhaupt nichts gegen Soja, um da Missverständnisse zu vermeiden. Dann sollte man das Ziel der Auflockerung verengter Fruchtfolgen durchaus als zweite Säule-Politik für sich genommen voranbringen. Aber, das von mir eigentlich in den Blick genommene Kernproblem, nämlich dass unsere Landwirtschaft für die nächsten Generationen immer weniger wettbewerbsfähige Fruchtarten zur Verfügung stehen,

wird ja dadurch nicht gelöst. Denn Soja gehört zu den Leitkulturen auf diesem Globus. Deswegen wollte ich den Blick nur richten auf das andere Kernproblem. Wir müssen auch etwas tun, damit die Welt agrarwirtschaftlich nicht so fehleranfällig ist, dass wir ein möglichst breites Portfolio an wettbewerbsfähigen, leistungsstarken Kulturpflanzen und Nutztieren für die kommenden Generationen aufbauen. Da hilft hier eine regionale Strategie natürlich überhaupt nicht weiter für dieses Problem.

# Bioökonomie: Konzept und internationale Verflechtungen



## Zusammenfassung

Dieser Artikel illustriert, dass sich derzeit Deutschland und viele andere Länder beschleunigt bioökonomische Strategien aneignen, F&E-Investitionen tätigen sowie entsprechende Leitlinien für die Wissenschaftsförderung erstellen. Untersucht werden die Triebkräfte für diese Entwicklungen und die Auswirkungen auf Landwirtschaft und Ernährungssicherheit. Die Zukunft der Menschheit wird zum großen Teil von einem zuverlässigen und sicheren Zugang zu Nahrung, Energie, Wasser und Rohstoffen abhängen, die mehr und mehr von erneuerbaren Quellen kommen sollten. Das rückt die Bioökonomie – der rasch entstehende Querschnittsbereich der Wirtschaft, der biobasierte Materialien und Produkte entwickelt, produziert, verarbeitet und verwendet – ins Zentrum der Strategien nachhaltigen Wirtschaftens. Mit der Bioökonomie wird es neuen Wettbewerb um die vorhandene Biomasse geben, es entwickeln sich aber auch neue Komplementaritäten. Ersteres könnte die Ernährungssicherheit beeinträchtigen, während letzteres die wirtschaftliche Effizienz und die Nachhaltigkeit erhöhen könnte. In diesem Artikel wird eine ganzheitliche Betrachtung der Synergien zwischen Technologien und neuen Verknüpfungen innerhalb und zwischen Wertschöpfungsketten angewandt, so z.B. die Produktion von Biochemikalien bei der Herstellung von Biotreibstoffen oder der Verwendung von Reststoffen biobasierter Produkte in der chemischen und Baustoffindustrie. Bioökonomie wird hier verstanden

als die Biologisierung der Wirtschaft als umfassende industrielle Strategie. Den Risiken der Bioökonomie kann und muss mit erhöhten Investitionen in Forschung und Technologie begegnet werden, sowie der Entwicklung von Märkten.

## Wachstumsfeld Bioökonomie

In den vergangenen fünf Jahren hat eine ganze Anzahl von Ländern – zum größten Teil hochentwickelte Länder sowie einige Schwellenländer – Bioökonomiestrategien entworfen und sie zentral in ihrer Wissenschaftspolitik verankert (Tabelle 1). Was sind die Triebkräfte für diesen neuen strategischen Trend? Und was sind die Herausforderungen und die Risiken in Bezug auf Nahrungs- und Ernährungssicherheit?

Die Antworten in Kürze:

- Die Bioökonomie wird bestimmt durch einen Wandel in den Faktor- und Rohstoffpreisen (Land und Arbeit; Energie) und damit zusammenhängende Preisstrukturen, sowie durch technologische Möglichkeiten und veränderte Präferenzen der Verbraucher.
- Die Bioökonomie bietet Möglichkeiten für Beschäftigung, Einkommen und Investitionen in die Landwirtschaft weltweit. Andererseits kann das Risiko bestehen, Biomasse weiter zu verknappen, da biomassebasierte Produkte in Konkurrenz treten könnten mit dem Angebot an Nahrungsmit-

Australien	Bioenergy – Strategic Plan 2012–2015
Brasilien	Biotechnology Development Policy (2007)
Dänemark	Agreement on Green Growth (2009)
Deutschland	Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 (2010)
EU-Kommission	A Bioeconomy for Europe (2012)
Finnland	National Resource Strategy and Sust. Bio-Economy (2011)
Großbritannien	UK Bioenergy Strategy (2011)
Irland	Delivering our Green Potential (2012)
Kanada	Biorefining Conversions Network (2009)
Malaysia	Bioeconomy Initiative and National Biomass Strategy (2011)
Niederlande	Biobased Economy 2010–2015
Russland	Bioindustry and Bioresources – BioTech 2030 (2012)
Schweden	Research and Innovation Strategy for Bio-based Econ. (2011)
USA	National Bioeconomy Blueprint (2012)

Tabelle 1: Das Zeitalter der Bioökonomie: Neue Maßnahmen und Strategien 2009–2013

teln und dies gerade die Armen beeinträchtigen könnte, wenn nicht neue Technologien dafür sorgen, dass die mögliche Verknappung ausgeglichen oder sogar überkompensiert wird, oder soziale Schutzmaßnahmen ausgeweitet werden.

Mit diesen Punkten befasst sich der Artikel, mit besonderem Augenmerk auf eine Wissenschaftsförderung, die Chancen verstärkt und die Risiken der Bioökonomie für die Armen neutralisiert.

### Definitionen der „Bioökonomie“

Der Begriff Bioökonomie wurde wahrscheinlich zuerst 1997 von Juan Enriquez-Cabot und Rodrigo Martinez definiert (Enriquez 1998).<sup>2</sup> Seinen Durchbruch erlebte das Konzept 2005 auf einer EU-weiten Anhörung: Experten aus Wissenschaft und Industrie waren zur Mitarbeit an einem Dokument aufgerufen, das die Perspektiven einer Bioökonomie in den kommenden 20 Jahren aufzeigt. Das Ergebnis, das

sogenannte ‚Cologne Paper‘, wurde am 30. Mai 2007 in Köln während der Konferenz „En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy“ veröffentlicht, die anlässlich der deutschen EU-Ratspräsidentschaft stattfand.<sup>3</sup>

Bei einem neuen Konzept ist es nicht verwunderlich, dass sich nicht sofort eine allgemein akzeptierte Definition der „Bioökonomie“ herauskristallisiert. Der Bioökonomierat der deutschen Bundesregierung verwendet eine breite Definition: „Die Bioökonomie ist die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen.“ (Bioökonomierat 2013) Diese Definition der Bioökonomie bezieht sich nicht ausschließlich auf die Nutzung biologischer Ressourcen als Ersatz für andere Rohstoffe, sondern umfasst neuartige Produkte und Prozesse gleichermaßen. Die Europäische Kommission (2012) stellt fest: „Bioökonomie betrifft

<sup>2</sup> „New Perspectives on the Knowledge-Based Bio-Economy“, Konferenzbericht, Europäische Kommission, Brüssel 2005

<sup>3</sup> Biobasiert Produkte sind Produkte, die vollständig oder teilweise aus Materialien biologischen Ursprungs hergestellt werden. Materialien aus geologischen Formationen oder Fossilien sind davon ausgenommen.

die Produktion erneuerbare biologischer Ressourcen und ihre Umwandlung in Nahrungs- und Futtermittel, biobasierte Produkte und Bioenergie.<sup>4</sup>“ Die Bandbreite reicht dabei von der Agrar- und Forstwirtschaft zur Fischerei und Nahrungsmittelindustrie, teilweise sind auch die Chemie-, Biotechnologie- und Energieindustrien hinzuzurechnen. Ihre Sektoren weisen ein hohes Innovationspotenzial auf, insbesondere wegen ihrer Kombination aus wissenschaftlichen Disziplinen (Lebens- und Naturwissenschaften, Agrarwissenschaft, Ökologie und Sozialwissenschaften), Grundlagen- und Verfahrenstechnologien (Biotechnologie, Nanotechnologie, Informations- und Kommunikationstechnologien und Maschinenbau), sowie lokalem und implizitem Wissen. Diese Definition ermöglicht eine grüne ökonomische und industrielle Vision einer Bioökonomie, die die Mechanismen des Ökosystems miteinbezieht, also etwa fossile Treibstoffe durch biobasierte Produkte ersetzt, und zwar nicht nur als Energiequelle, sondern als Werkstoff, Kleidung, Plastik, chemische Anwendungen und für nicht marktorientierte Dienstleistungen. Der Wandel hin zu einer Bioökonomie in diesem Sinne bedeutet die Umstellung auf eine nachhaltige Nutzung von Abfall- und Reststoffen. Das führt zu neuen Möglichkeiten in den entsprechenden Wirtschaftsbereichen, verringert Umweltschäden und bezieht auch nicht marktorientierte Dienstleistungen mit ein (Smeets u. a. 2013).

Bioökonomie ist einerseits uralt und traditionell (Brotbacken, Bierbrauen, Lebensmittelkonservierung, Holzkohleherstellung), andererseits neu und innovativ (neuartige Biomaterialien, Biopharmazeutika, Nahrungsmittel, Futtermittel und kosmetische Ausgangsstoffe). Die Bioökonomie umfasst die oben genannten traditionellen Sektoren ebenso wie die industrielle Biotechnologie. In jeder Volkswirtschaft stellt sie einen großen Teil der Aktivitäten dar, in einigen Industriestaaten sogar den Löwenanteil, bezogen auf Bruttosozialprodukt und Beschäftigung. Neue Technologie führt zu bioökonomischen Fortschritten

<sup>4</sup> Biobasierte Produkte sind Produkte, die vollständig oder teilweise aus Materialien biologischen Ursprungs hergestellt werden. Materialien aus geologischen Formationen oder Fossilien sind davon ausgenommen.

in allen der oben erwähnten Sektoren. Den größten Teil der Bioökonomie, bezogen auf Gesamtproduktion, Arbeitsplätze usw., macht derzeit die Landwirtschaft und Nahrungserzeugung sowie -verarbeitung aus. Bioökonomie, die auf neuen biologischen Verfahren beruht, erstreckt sich quer über die Sektoren hinweg und kann wegen der Durchdringung der Gesamtwirtschaft mit der Informations- und Kommunikationstechnologie verglichen werden. Während die Bioökonomie auf herkömmlicher Biomasse als Grundressource beruht, ist die Biomasseherstellung und -veredelung etwa in der industriellen Biotechnologie ebenso ein wichtiger Teil der Bioökonomie. Es handelt sich hier also nicht nur um eine riesige Wertschöpfungskette mit Biomasse als Ausgangspunkt.

### **Strategische Bedeutung der Bioökonomie**

Bioökonomie macht aus der Not eine Tugend: Stärker nutzen, was nachhaltig auf der Erde wächst, mit Saatgut, Sonne und Wasser und anderen Inputs, und diese Ressourcen weitaus effizienter zu nutzen. Dazu gehören auch biobasierte Materialien, die ganz unabhängig vom Boden produziert werden. Bioökonomie verstanden als ‚Biologisierung der Wirtschaft‘ ist eine gesellschaftliche und ökonomische Strategie, die Produzenten und Konsumenten miteinschließt. Es geht sowohl um den effizienten Gebrauch biologischer Routen in der Produktion von Materialien als Ersatz für chemische Reaktionen, als auch den Austausch fossiler Kohlenstoffquellen in industriellen Prozessen durch biologische Rohstoffe. Die Bioökonomie adressiert die ausbeuterische Nutzung biologischer und anderer natürlicher Ressourcen, vor allem Wasser und Boden.

Die Wettbewerbsfähigkeit in einem derartigen System wird zunehmend von Innovationen rund um biobasierte Produkte und Prozesstechnologien abhängen. Falls diese konkurrenzfähig sind, werden sie weltweit verlangt und von Konsumenten den nicht biobasierten Produkten bevorzugt werden. Das rückt die Bioökonomie in das Zentrum einer neuen Industrie-Strategie. Mit der Aussicht auf wirtschaftliches Wachstum wird die Bioökonomie erwartungsgemäß

eine zunehmende Rolle bei einigen der großen gesellschaftlichen Herausforderungen spielen:

- Eine wachsende Weltbevölkerung und höhere Lebensstandards, die zu einer erhöhten Nachfrage nach Nahrungsmitteln, Futtermitteln, Fasern für Kleidung, Baumaterial, Wasser, Energie, Gesundheitsversorgung usw. führen werden.
- Schwindende Ressourcen: z. B. beschädigte Ökosysteme und der Verlust an Dienstleistungen dieser Ökosysteme, etwa Bodenerosion, Überfischung, abnehmende Biodiversität – wegen ungeeigneter Bewirtschaftungsmethoden und den Auswirkungen des Klimawandels auf die Ressourcen.
- Anpassung an die Begrenztheit fossiler Ressourcen, indem diese endlichen Ressourcen in sinnvoller Weise durch biobasierte erneuerbare Ressourcen ersetzt werden.
- Die Notwendigkeit, sich von Produktionssystemen zu verabschieden, die Abfall verursachen, der möglicherweise recycelt werden kann, hin zur prinzipiellen Vermeidung von Abfall, z. B. im Rahmen einer Null-Abfallstrategie, in der „Abfall“ als Bioressource für weitere abgestufte biologische Prozesse dient.

Auf eines muss in diesem Zusammenhang aber geachtet werden: Was sind die Konsequenzen für die Armen und deren Ernährungssicherheit? Könnte eine mangelhaft ausbalancierte Bioökonomiestrategie – eine Strategie für die Wohlhabenden – die Nahrungsmittelknappheit verschärfen?

### **Triebkräfte der Bioökonomie**

Aus historischer Sicht ist Biomasse die primäre Energiequelle gewesen. In Äthiopien etwa stellt Biomasse auch heute noch den Löwenanteil der Primärenergie dar und ist mit 90 Prozent die bei weitem größte Energiequelle. Die Herausforderung besteht hier nun darin, die Biomasse mit neuen Technologien besser zu nutzen, also zu testen, inwieweit der Sprung in eine wissenschaftsbasierte Bioökonomie gelingen kann. Fossile Brennstoffe waren die Grundlage des ökonomischen Wachstums und der Entwicklung

seit der industriellen Revolution. Die schnelle Zunahme der Biotreibstoffproduktion in den vergangenen Jahren war zum Teil durch Preiserwartungen fossiler Brennstoffe und verhältnismäßig niedrigen Preise bei biobasierten Rohstoffen vorangetrieben worden. Politische Initiativen, die eine derartige Energieproduktion unterstützen und subventionieren, haben bisher die negativen Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit und den Landverbrauch nicht ausreichend in Betracht gezogen. Mangelhafte Biotreibstoffstrategien lehren uns, dass die potentiellen Auswirkungen einer bioökonomischen Maßnahme besser vorab sorgfältig untersucht werden, als überstürzt zu handeln. Dazu muss das Bioökonomie-System verstanden werden.

Die fundamentalen Triebkräfte für die Bioökonomie sind die (voraussichtliche) Ressourcenknappheit, neue technologische Möglichkeiten sowie verändertes Konsumentenverhalten, vor allem in den reichen Ländern. Nachfolgend sollen diese drei Triebkräfte kurz erörtert werden.

**Ressourcenknappheit:** Die Menge an Boden und Wasser, die derzeit für die Landwirtschaft eingesetzt wird, kann nicht signifikant erhöht werden, weil entweder die Kultivierung wirtschaftlich keinen Sinn macht – aufgrund niedriger Ernteerwartungen – oder weil ein Ausbau die Umwelt und das Klima negativ beeinflussen würden. Der bevorzugte Weg, um die Produktivität zu erhöhen, muss als die nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft dort sein, wo sie schon betrieben wird. Die Verfügbarkeit von Wasser ist hier oft der limitierende Faktor. Die Wettbewerbsfähigkeit der Bioökonomie im Allgemeinen und ihrer Produktionsketten im Besonderen sind von langfristigen Preiserwartungen bestimmt. Nahrungsmittel und andere Biomasseprodukte sind in den vergangenen sechs Jahren teurer geworden. Jedoch ist diese Entwicklung nicht unumstößlich. Langfristig hängt die Preisdynamik zum großen Teil von Investitionen in die Forschung ab und nicht nur von kurzfristigen Angebots- und Nachfrageschwankungen.

F&E: Forschung und Entwicklung wird einen entscheidenden Anteil daran haben, zukünftige Engpässe in der Versorgung mit Biomasse zu verringern, was

wiederum Auswirkungen auf die Preisentwicklung hat. Um das Potenzial der Bioökonomie zu heben, spielen auch Infrastruktur und Handel eine wichtige Rolle. Ein großer Teil des Biomassepotenzials in Entwicklungsländern befindet sich in abgelegenen Gegenden, wo der Zugang zum Markt durch begrenzte Infrastruktur erschwert wird. Die neuen preislichen Anreize für die Biomasseproduktion und -verwertung erreichen diese Gegenden nicht, was die Bioökonomie global gesehen hemmt. Verarbeitungsstätten (inkl. Bioraffinerien) sollten daher nahe der Produktionsstätten der Biomasse liegen. Ein der Hauptaufgaben einer nachhaltigen Bioökonomie besteht darin, die globale Versorgung mit Nahrungsmitteln zu garantieren. Das schließt weitere Fortschritte in der Züchtung von Nutzpflanzen ein als auch die Entwicklung von Maßnahmen und Technologien, die dazu geeignet sind, den beträchtlichen Schwund an Erzeugnissen zu verringern, der heutzutage auf dem Weg von der Ernte bis zum Markt auftritt. Das soziale und sozialökonomische Verhalten muss hier ebenso beachtet werden, um den übermäßigen Gebrauch von Biomasse einzuschränken. Die Bioökonomie wird ihr ganzes Potenzial jedoch nicht im Handumdrehen realisieren. Der langsame Fortschritt der landwirtschaftlichen Forschung in der Vergangenheit ist ein Indikator. Neue Sortenvarianten in der Pflanzenzüchtung benötigen üblicherweise ein Jahrzehnt, und auch die unterschiedlichen bioökonomischen Innovationen werden kaum schneller erreicht werden.

Konsumverhalten: Biobasierte Produkte werden von der Mittelschicht weltweit nachgefragt, nicht nur in den reicheren Ländern. Gründe sind wahrscheinlich Risikobewertungen und Lifestyle-Entscheidungen. Die Auswirkungen dieser Vorlieben auf die Armen und die Ernährungssicherheit sind nur wenig untersucht. Hinsichtlich der Bioökonomie könnte die folgen weitaus größer sein als die üblichen Auswirkungen des Konsumverhaltens wie exzessiver Verbrauch von tierischen Produkten und der Ablehnung von genetisch modifizierten Nutzpflanzen in den reichen Ländern, besonders Europa. Der Wandel im

Konsumverhalten führt üblicherweise zu einer gestiegenen Nachfrage für Produkte der Bioökonomie. Das hat aber eben auch Folgen. Deshalb ist es schwierig zu prognostizieren, wie groß der Einfluss des Konsumverhaltens auf die Entwicklung der Bioökonomie sein wird.

### **Bioökonomische Innovationen und Ernährungssicherheit**

Die Bioökonomie ändert das Gleichgewicht der globalen Nahrungssituation, und zwar sowohl auf der Angebots- wie auf der Nachfrageseite, und könnte deshalb Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit haben. Ernährungssicherheit hängt von der Verfügbarkeit von Lebensmitteln ab (durch Produktion und Handel), dem Zugang zu Lebensmitteln durch entsprechende Kaufkraft und die Nutzbarmachung dieser Lebensmittel durch die wirksame Ernährung der Menschen. Die Stabilität der Ernährungslage, insbesondere der Produktion und der damit verknüpften Märkte, umfasst alle drei Säulen der Lebensmittel- und Ernährungssicherheit. Diese Konzepte müssen allerdings in einem dynamischen Kontext gesehen werden.

Unsicherheiten in der Lebensmittel- und Ernährungssituation untergräbt die Belastbarkeit der Armen besonders in Ländern mit niedrigen Einkommen und kann deshalb sowohl den gesellschaftlichen Zusammenhalt als auch die natürliche Ressourcenbasis dieser Länder erodieren. Die potenzielle gegenseitige Beeinflussung von nachhaltiger bioökonomischer Entwicklung und Ernährungssicherheit könnte ethische Fragen aufwerfen. Regierungen spielen eine wichtige Rolle in der Gestaltung von Märkten und der Ernährungssituation (Pinstrup-Andersen 2011). Strategien für Nahrungs- und Ernährungssicherheit müssen die grundsätzlichen Veränderungen in Betracht ziehen, denen Nahrung und Ernährung im Kontext der globalen und nationalen Bioökonomie unterworfen sind. In dem Maße, in dem Ernährungssicherheit zum Teil von der Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln abhängt, die wiederum von der Biomasseproduktion und der

kompetitiven Nutzung von Biomasse für Energie und industrielle Rohstoffe beeinflusst wird, müssen die neuen Herausforderungen mit einem systemischen Ansatz angegangen werden, der folgende Elemente beinhaltet:

- Die Folgen des Ersatzes endlicher Ressourcen durch Biomasse und andere erneuerbare Ressourcen
- Produktionssysteme, die mehr auf Abfallvermeidung, Recycling, effizienteren Nutzen begrenzter Ressourcen und eine gesteigerte Verwendung von erneuerbaren Ressourcen setzen.

Die Vor- und Nachteile, die die Bioökonomie hinsichtlich der Ernährungssicherheit mit sich bringt, müssen aus mindestens zwei Blickwinkeln betrachtet werden: erstens der Wettbewerb in benachbarten Märkten und die damit zusammenhängende Preisbildung; und zweitens die Synergieeffekte, die der Einsatz von Technologie für die Einkommenssituation der Armen hinsichtlich der Bioökonomie und der Ernährungssicherheit mit sich bringt.

Verbrauch, Klimawandel und Landnutzung sind weitere grundsätzliche Kräfte, von denen die Entwicklung der Bioökonomie abhängt. Globale Konsumtrends führen zu einem höheren Verbrauch an biomassenintensiven Produkten, z.B. tierischen Produkten. Eine umfassende Integration tierischer Produktion in effiziente Wertschöpfungsketten ist ein notwendiger Bestandteil der Bioökonomie. Der Klimawandel macht Investitionen in die Bioökonomie auf dreierlei Art sehr attraktiv: Erstens ist es notwendig, die Energieversorgung auf eine neue Basis zu stellen, die Biomasse miteinschließen kann; zweitens drohen Ernteinbußen bei Nutzpflanzen und drittens könnten in Zukunft Märkte für Treibhausgas-Emissionsrechte die Anreize für Biomassebestände für das Einfangen von Kohlenstoff und die Re-Karbonisierung der Atmosphäre erhöhen (Wheeler u. von Braun 2013).

Die Verbindung zwischen Biotreibstoffen und Ernährungssicherheit zeigt sich nicht nur bei den Rohstoffmärkten, sondern auch beim Markt für Land und

Wasser. Die stark ansteigenden Aktivitäten bei Landaufkäufen, damit dort Biotreibstoffe angebaut werden können, verdeutlichen, dass die große Nachfrage nach Biomasse eine internationale Angelegenheit geworden ist. In den oft wenig reglementierten Märkten für Grundbesitz, in denen Macht meist wichtiger ist als Effizienz, muss stärker darauf geachtet werden, die Rechte von armen Landbesitzern gegenüber Investoren zu schützen, besonders im Falle von Kleinbauern und Viehhaltern.

Beim Blick auf die Verbindung zwischen der Bioökonomie und Ernährungssicherheit sollte auch beachtet werden, dass das **neue System an Wertschöpfungsketten** der Bioökonomie tatsächlich ein Bündel miteinander verknüpfter Ketten, ein „Wertschöpfungsnetz“ ist. Um Ernährungssicherheit und Bioökonomie zu harmonisieren, muss die Effizienz des gesamten Netzes steigen. Die Verbindung zur Ernährungssicherheit zeigt, dass sich einige neue Schlüsselbereiche der Bioökonomie hinsichtlich der Marktentwicklung und des technologischen Fortschritts herausbilden. Hierzu einige Beispiele:

- Biotreibstoffe: Zucker- und Mais-basierter Ethanol wird nicht ausreichen, um die Klima- und Energieziele zu erreichen. Hoffnungen liegen auf dedizierten Ligno-Zellulose-Nutzpflanzen, die mit einer besseren Energieausbeute in Ethanol umgewandelt werden können. Ihre Entwicklung wird aber noch Zeit in Anspruch nehmen. Der Pflanzenzüchtung kommt hier eine entscheidende Rolle zu. Des Weiteren sind chemische Innovationen notwendig, um die Weiterverarbeitung zu gewährleisten, etwa durch katalytische Konversion.
- Unter den Fasern ist die Baumwolle am weitesten verbreitet, die Wertschöpfungsketten müssen jedoch ausgeweitet werden auf Flachs und Hanf. Das wird auch bei der Reduzierung von Wasser- und Düngemittelverbrauch helfen (im Vergleich zu Baumwolle). Die Züchtung sollte darauf abzielen, die Faserqualität zu erhöhen, indem die Zellwandeigenschaften optimiert werden, und zwar jeweils abgestimmt auf spezifische Einsatzzwecke.

Biobasierte Innovationen bei Fasern umfassen etwa künstliche Spinnfäden, die interessante Eigenschaften für industrielle Anwendungen aufweisen.

- Ölpflanzen: Mittels Pflanzenzüchtung die Anwendungsmöglichkeiten von pflanzlichen Ölen in der Industrie zu erhöhen, indem unterschiedliche Fettsäureprofile in Pflanzen angelegt und damit die Veredelung und chemische Modifizierung des Öls vereinfacht werden, sind hier die Ziele. Zusätzlich könnten Pflanzen mit speziellen Fettsäuren entwickelt werden, die normalerweise in Nutzpflanzen nicht vorkommen. Biotechnologie wird mehr und mehr eingesetzt, um Ziele wie erhöhter Ertrag, größere Widerstandskraft gegen Krankheiten und eine vermehrte Nutzbarkeit von Nebenprodukten zu erreichen.
- Bioraffinerien, also die Umwandlung von Biomasse in eine große Bandbreite an höherwertigen Produkten (Chemikalien, Inhaltsstoffe, Nahrungs- und Futtermittel) oder Energie (Biotreibstoffe, Wärme oder Strom), sind bisher weit weniger untersucht als die primäre Biomasseproduktion. Ein Fokus sollte hier in Zukunft auch auf dem Recycling liegen, etwa durch mikrobielle Fermentation.
- Die industrielle Biotechnologie wächst rasant, zum Beispiel investieren einige große Chemiekonzerne derzeit in Bernsteinsäure produzierende Anlagen. Das könnte die Ressourcenbasis in der chemischen Industrie verändern.
- Bioökonomie besteht nicht nur aus dem Ersatz von Rohstoffen und der Veredelung von Erzeugnissen, sondern auch aus völlig neuen Produktlinien für den Endkonsumenten. Zu nennen sind hier neue Biokunststoffe, Biomaterialien für die Auto- und die Bauindustrie, kosmetische Produkte, biobasiertes synthetisches Fleisch, Gesundheitsprodukte.

Zusammenfassend gesehen verändert die Bioökonomie die Wettbewerbssituation bei Nahrung, Land und Wasser. Bioökonomiesysteme, die die Ernährungssicherheit nicht belasten, erfordern neue Arten

von Biomasse, abgestufte Wiederverwertungssysteme und Innovationen bei den Endprodukten. Der wachsende Markt für Biomasse und dessen landwirtschaftliche Basis benötigen verlässliche Rahmenrichtlinien für nachhaltige Erzeugung und Verarbeitung.

### **Wissenschaftspolitik für Ernährungssicherheit mit Bioökonomie**

Die Bioökonomie verändert die Bedeutung der Wissenschaft hinsichtlich der Landwirtschaft und Nahrungssituation. Forschung, Technologie und Innovation sind grundlegend für verbesserte Ernährungssicherheit (Conway und Waage 2010, Pinstrup-Andersen 2007). Die detaillierten Auswirkungen von Innovation für Ernährungssicherheit im bioökonomischen Kontext sind jedoch weniger klar. Das herkömmliche Konzept der Agrarforschung – das auch nach wie vor Bedeutung hat – mit einem Fokus auf Nutzpflanzen und Tierproduktion sowie der Konzentration auf das Schließen von „Yield gaps“ ist im Bioökonomie Kontext nicht ausreichend. Grundsätzlich geht es darum, Forschung über einzelne Produkte hinaus auf Systeminnovationen auszuweiten.

Zudem erfordert die Bioökonomieforschung eine zunehmend stärkere Verknüpfung mit der Grundlagenforschung. Dies erfolgt bereits in Industrieländern aber es besteht diesbezüglich für die Entwicklungs- und Schwellenländern ein Problem beim Einstieg in die moderne Bioökonomie. Sie brauchen besseren Zugang zu Grundlagenforschung um ihre bioökonomische Innovationskraft zu stärken. Da die Möglichkeiten der Bioökonomie von komplexer Forschungsaktivität abhängen, könnte die Kluft zwischen der reichen und der armen Welt größer werden, falls es keine verstärkte Zusammenarbeit in der Forschungspolitik gibt.

Die Suche nach einer effizienten Bioökonomie, die nicht in Konkurrenz zur Ernährungssicherheit steht, sondern sie verstärkt, hängt ab von

- der Entwicklung neuer Typen biomassebasierter Produktion und neuen Produktionsmethoden sowie der Schaffung und Ausbeutung von Syner-

gieeffekten, beispielsweise in Produktionssystemen von Bioraffinerien.

- der Steigerung der Ressourceneffizienz in den neu vernetzten Wertschöpfungsketten: angefangen von der Produktion von Biomasse in der Land- und Forstwirtschaft in Gegenden, die sich nicht für den Nahrungs- und Futtermittelanbau eignen, über die Nutzung von Abfallstoffen bis hin zur Effizienz von Endprodukten im Lebensmittel- und Energiesektor sowie in Branchen wie der Chemie-, Textil-, Papier oder Pharmaindustrie.
- neuen Möglichkeiten in biochemischen Prozessen, die sich aus neuen Grundlagenerkenntnissen über die Vorgänge in Pflanzen und Mikroorganismen ergeben können. Industrielle Biotechnologie ist hier ein zentrales Element, z.B. in der Entwicklung und der Verwendung von Enzymen in Produktionsprozessen.

#### **Fazit: Thesen des Bioökonomierates**

Die Bioökonomie sollte im Zusammenhang weitreichender Veränderungen in sozialer, technologischer und wirtschaftlicher Hinsicht einer nachhaltigen Umgestaltung des Wirtschaftssystems verstanden werden. Der Kern dieser Transformationsstrategien erschöpft sich nicht in der Dimension der Technologie (neuartige Wissenschaft), sondern beinhaltet Verhaltensänderungen (angepasster Konsum) und institutionelle Innovationen für gute Rahmenbedingungen und langfristige Anreize für Unternehmen. Die Ernährungssicherheit sowie eine zuverlässige Versorgung mit Energie und Rohstoffen sollten zu einem größeren Teil auf erneuerbaren Ressourcen basieren. Offener Handel mit klaren Regeln ist dafür notwendig.

Die Bioökonomie bildet das Zentrum einer nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung. Für die nächste Generation an Wissenschaftlern, Erfindern, kleinen und großen Unternehmern, Landwirten und Umwelt- wie sozialen Unternehmern ist sie Herausforderung und Chance zugleich.

Der Bioökonomierat der Bundesregierung hat im Mai 2014 folgende strategische Schwerpunkte in 10 Thesen empfohlen:

1. Umstellung der Wirtschaft auf biobasierte Wertschöpfungsketten fördern
2. Ressourcenkonflikte und unerwünschte Entwicklungen rechtzeitig erfassen und mögliche Korrekturmaßnahmen einleiten
3. Standards und Labels sind wichtige Instrumente, um die Produktion und Nachfrage biobasierter Produkte zu stärken.
4. Investitionen in die biobasierte Wirtschaft und Innovationskapital
5. Bildungs- und Forschungskapazitäten ausweiten
6. Grundsätzliche Überarbeitung der bisherigen Bioenergie-Politik in Deutschland
7. Stärkere Kooperation Deutschlands mit Schwellen- und Entwicklungsländern zur Sicherung und Verbesserung der Welternährung
8. Eine handelspolitische Agenda zur nachhaltigen Bioökonomie.
9. Aufbau globaler Steuerungsmechanismen
10. Die Beteiligung der Zivilgesellschaft ausbauen.

## *Literatur*

Joe S. Bain, Joe S. 1959, 2nd ed., 1968. *Industrial Organization: A Treatise*, John Wiley.

Bioökonomierat. 2013. Eckpunktepapier des Bioökonomierats. [http://www.biooekonomierat.de/publikationen.html?tx\\_rsmpublications\\_pi1%5Bpublication%5D=22&tx\\_rsmpublications\\_pi1%5Baction%5D=show&tx\\_rsmpublications\\_pi1%5Bcontroller%5D=Publication&cHash=41e3e09cde10b6334b293b6a356f1be9](http://www.biooekonomierat.de/publikationen.html?tx_rsmpublications_pi1%5Bpublication%5D=22&tx_rsmpublications_pi1%5Baction%5D=show&tx_rsmpublications_pi1%5Bcontroller%5D=Publication&cHash=41e3e09cde10b6334b293b6a356f1be9)

Bioökonomierat. 2014. Positionen und Strategien des Bioökonomierates. <http://www.biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/empfehlungen/Strategiepapier.pdf>

Conway, G. and Waage, J., 2010. *Science and Innovation for Development*, UK CDS.

European Commission. 2012. 'Communication on Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe', published on 29 February 2012 (EC 2012)

Hayami, Yujiro and Ruttan, V.W. Factor prices and technical change in agricultural development: the United States and Japan, 1880–1860. *Journal of Political Economy*, Vol. 78, No. 5 (Sep.–Oct., 1970), pp. 1115–1141.

Pinstrup-Andersen, P. (2007). *Agricultural Research and Policy for Better Health and Nutrition in Developing Countries: A Food Systems Approach*. In K. Otsuka & K. Kalirajan (Eds.), *Contributions of Agricultural Economics to Critical Policy Issues* (pp. 187–198). Malden, MA: Blackwell.

Ruttan, Vernon W. 1970. Induced innovation, evolutionary theory and path dependence: sources of technological change. *The Economic Journal*, Vol 107 (September), 1520–1529.

Schmalensee, R. (1989) "Inter industry studies of structure and performance", *Handbook of Industrial Organization*, 951 1009

Smeets, Edward, Hannes Böttcher, Yannis Tsiropoulos, Martin Patel, Lauri Hentemäki, Marcus Lindner, Stefan Bringezu, Marleen Schouten, Franziska Junker, Martin Banse, Siwa Msangi. (2013) *Systems analysis description of the bioeconomy*. WP 1 'Conceptual model of a systems analysis of the bio-based economy' of the EU FP 7 SAT-BBE project: *Systems Analysis Tools Framework for the EU Bio-Based Economy Strategy*. 02 April, 2013.

von Braun, J., 2008, *The role of Science and research for development policy and the millennium development goals* Humboldt Foundation, Berlin

## Diskussion



LINDORFER, PINNEBERG

Der erste Punkt betrifft ja die biobasierten Wertschöpfungsketten. Was mir da ein bisschen fehlt, ist die Forderung der Kosmetikindustrie, der chemischen Industrie, was eigentlich die Grundchemikalien, die Plattformchemikalien aus dem Agrarbereich sein könnten. In welche Richtung es da Möglichkeiten gibt. In welche Richtung das gehen wird. Das würde uns im Agrarbereich ganz enorm helfen, in diesen Bereich auch schon einmal weiterzudenken.

ANTWORT

Ihre Frage ist an der Wurzel, warum die Amerikaner den Biopharmabereich so stark mit in die Bioökonomie einbeziehen. Die enormen Belastungen der Kosmetikindustrie sind inzwischen klar erkannt. Die verseuchen ja übrigens auch die Ostsee sehr stark, keine Kläranlage kann mit den Sachen umgehen. Die Vorstellung, dass vieles, was da aus tierischen Produkten in den Kosmetikbereich geht bzw. an ihm getestet wird ist viel stärker von der biochemischen Syntheseprodukten herzustellen ist eine Frage der Verbesserung der Produkte. Es ist ein bioökonomisches Thema verbesserter Produkte. Ich sehe das bei uns in Deutschland und das BMBF hat sich auch eher dagegen gewährt, dass wir diese Spitze der Pyramide der Bioökonomie, wo High Value, biochemische Produkte einschließlich der Kosmetik und Pharma drin sind, stark auf die Tagesordnung zu setzen. Wir müssen darüber nochmal reden.

SAUERBORN, HOHENHEIM

Eine kurze Frage in Bezug auf die geballte Ladung an Wissen. Wenn ich mir die historischen Agrarproduktpreise anschau, stehe ich eigentlich immer vor dem Bild die Preise sind kontinuierlich nach unten gegangen der Agrarprodukte weltweit, wenn ich von den 60ern runter gehe bis heute. Wenn ich dann ihre Ausführungen höre sowie die von gestern und vorgestern, dann sind die Agrarpreise interessanterweise immer nur gestiegen. Man betrachtet aber immer nur 2005 bis heute. Was ist jetzt wahr? Das würde ich gern für mich wissen wollen, was eigentlich tatsächlich dran ist. Und weiterhin: Wie schaffen wir es, einen stärkeren systemischen Ansatz hineinzubekommen? Ich stelle immer wieder fest, auch wenn ich diese Strategiepapiere vom Bioökonomierat nur hin und wieder lese. Wir haben sehr viele einzelne Aspekte, die wir anschauen wollen. Das ist wichtig, aber wo führen wir das zusammen. Ein Beispiel mal ganz konkret, Standards und Labels. Nun kennen wir wahrscheinlich alle das Label von Ölpalm, Allround-label, wo man versucht hat, Ölpalmen nachhaltig zu produzieren. Das hat man mit einem Zertifikat versehen und jetzt darf jeder, der Ölpalm kauft, sicher sein, diese Ölpalm-Produktion kommt aus einer nachhaltigen Produktion. Was ist aber letztendlich passiert, dort wo man Ölpalmen heute hinsetzt. Es war früher Kautschuk und wo geht der Kautschuk hin, der geht nun in den defekten Regenwald. Das heißt, wir haben indirekte Landnutzungseffekte, die selten berücksichtigt werden, weil eben nicht das System als solches

angeschaut wird, sondern nur den Aspekt im Fokus steht. Wie schaffen wir es, starker an den Systemansatz ran zu kommen?

#### ANTWORT

Zur Preisentwicklung: Es ist relativ klar und einfach darzustellen. Bis 2006 gingen die Preise trendmäßig runter, mit wenigen Unterbrechungen in den letzten 100 Jahren und die waren recht spezifisch. Nun sind wir meines Erachtens in einer neuen Situation, die sich in den 90er Jahren schon angebahnt hatte. Die Nachfrageentwicklung ist den Produktionspotentialen vorausgeeilt und eine wichtige Ursache ist nicht nur, dass das nun auf einmal knapp geworden ist, sondern in den 80er und 90er Jahren sind schrittweise die Investitionen und Innovationen zurückgefahren worden, international, auf ein niedriges Niveau. Die Agrarforschung ist schlichtweg vernachlässigt worden. Dies hat sich jetzt wieder geändert, aber die Wirkung von dieser Art Investition stellt sich erst nach fünf bis 15 Jahren ein. Deswegen können wir keine kurzfristigen Effekte auf die vermehrte Verknappung der landwirtschaftlichen Produkte auf der Welt erwarten. Das ist erstaunlich, dass es auf einmal auf der Welt steigende Agrarpreise gibt, da sind wir nicht alleine, aber es ist durchaus in den ökonomischen Analysen und Modellen gut erklärbar. Das liegt aber in unserer Hand, wie das in Zukunft weiter geht. Mindestens die dramatischen Preiserwartungen, die ansonsten aus den Modellen herauskommen, halbieren, wenn sie das tun, was da aufgezählt worden ist. Die zukünftigen Agrarpreise sind nicht fest vorgezeichnet, überhaupt nicht, in dem Maße, dass wir da von permanent steigenden Preisen ausgehen müssen. Das ist nicht nur der Energiesektor, der uns da dazwischenfunken kann, sondern es sind eben auch die Urbanisierungstendenzen, die manche Produkte weniger nachgefragt sein lassen und die veränderten Konsumtendenzen, und die große Unbekannte aus meiner Sicht sind die Risiken zu Pflanzen- und zu Tierkrankheiten und zu biologischen Attacken auf unser Agrarproduktionssysteme. Da wird zurzeit gedreht und gestoppt, mit allem, was wir an Produkten auf

dem Tisch haben, aus einer Sorge kurzfristiger ökologischer Probleme. Ich finde es völlig richtig, dass wir aus der pharmazeutischen Unterstützung mit Antibiotika so schnell wie möglich rauskommen. Das ist ein Riesenschaden, den wir den Entwicklungsländern damit zufügen, die Resistenz verstärken, ehe die überhaupt Antibiotika in dem Umfang nutzen können. Da sehe ich das in einem großen Risikobereich und alles das wird preisrelevant. Die systemische Denke habe ich damit schon angetippt. Wir haben das konkrete Beispiel der Ölpalmen, des Palmenöls angesprochen. Ein Produkt, das in Deutschland sehr stark nachgefragt wird. Wir sind ein ganz wichtiger Konsument, Palmöl mit und ohne Label und indirekt. Im Übrigen wird in Deutschland auch sehr viel Düngemittel für den Palmöl-Sektor hergestellt. Wir sind voll involviert in den Palmöl-Bereich. Bitte nicht auf Malaysia und Indonesien zeigen, die Ölpalme wird auch bei uns produziert, indirekt, ein Teil des Geschäftes. Wenn man da ins Detail geht, haben sie schon auf einen ganz wichtigen Aspekt hingewiesen. Die Substitution von Kautschuk ist kurzfristig positiv. Kautschuk ist von der CO<sub>2</sub>-Bilanz noch viel schlechter als die Ölpalme. Wenn sie eine Kautschukplantage in eine Ölpalmenplantage umwandeln, dann tun wir was Gutes. Aber wenn man den Regenwald abholzt und da Kautschuk hinstellt oder Ölpalmen, tut man was Böses für die Diversität und CO<sub>2</sub>-Bilanz. Ich will es dabei belassen. Sie haben völlig Recht, die Bioökonomie lebt von verwobenen Wertschöpfungsketten und ist nur im System zu optimieren über Pflanzen, Tiere, Mensch, Verarbeitung, internationale Märkte.

#### KAGE, KIEL

Meine Frage betrifft nicht wirklich den Kern ihres Vortrages, aber sie haben es erwähnt und von daher möchte ich das kurz kommentieren. Sie hatten aus einer Studie gezeigt, welche Innovationen tatsächlich jetzt ertragsrelevant werden können, die verschiedenen Kulturen. Ich habe diese Studie aufgemacht, mal reingeschaut. Da sieht man schon, dass hier sehr klare Statements gemacht werden, aber wenn man die Studie ansieht und wie das gemacht ist, da muss man

bemerken, das ist eben eine Modellstudie und hier ist zum Beispiel ein besonderes Modell verwendet worden. Ich komme aus dem Pflanzenbau und wir beschäftigen uns auch mit Weizenmodellierung und haben auch Draht zum DFG-Verbundprojekt Hitzetoleranz im Weizen, und wenn man da genauer reinschaut in diese Modelle, da muss man schon sehen, dass die im Wesentlichen auf experimenteller Inzidenz beruhen, die vergleichsweise schon alt ist. Es ist relativ wenig gemacht worden in den letzten Jahrzehnten, das muss man ganz klar sagen, die tatsächlich Aussagen zu diesem Prozess im Detail liefern können. Das hat natürlich auch strukturelle Hintergründe, wenn man mit dieser Methode, die sehr schnell mit Modellen globale Prognosen erzeugen kann und entsprechend eben auch schnell publizieren kann. Das ist sehr attraktiv, jetzt längerfristig auch zu investieren und tatsächlich Untersuchungen zu machen, die unsere Prognose verbessern. Ich will nur anmerken: Wir haben ja Aussagen, die von der Tendenz her sicherlich nicht verkehrt sind. Das muss man so sagen. Aber ich glaube, wir haben generell eine große Schiefelage in unserer Forschungslandschaft, indem wir eben teilweise auf einer Stelle produzieren, von Resultaten dann sehr schnell daraus Strategien entwickeln und nicht mehr wirklich hinterfragen, wie sicher sind unsere Aussagen überhaupt. Da sollte man vorsichtig sein. Man muss wirklich dazu sagen, dass wir häufig sehr sehr wenig wissen und dass wir deshalb eben auch nicht zu sehr uns fokussieren sollten, selbst auf bestimmte Einzelthemen und dass wir auf der anderen Seite sehen sollten, dass tatsächlich unser wirkliches Grundlagenverständnis hier auch noch gepflegt werden soll. Da gehört teilweise auch eine Forschungsinfrastruktur, die wir auch in den letzten Jahren nicht wirklich strategisch entwickelt haben, hin.

KALM, KIEL

Eine Anmerkung: seit 25 Jahren sage ich den Pferdezüchtern, ihr müsst die Gesundheitsdaten systematisch erfassen. Jetzt haben wir eine Datenbank und jetzt endlich werden Daten gesammelt und gespei-

chert. Die Zeit von der Planung bis zur Umsetzung und Realisierung in der Praxis dauert lange.

ANTWORT

Wir brauchen also Geduld. Ich bin aber sehr für den Hinweis dankbar.

Ich habe den Modelbauer just nach ihrem Thema gefragt. Der größte Hitzestress wirkt ja kurzfristig temporär, in kurzfristigen Stresssituationen. Die modellhaft zu erfassen und deren Häufigkeit zu extrapolieren, ist natürlich Herkulesarbeit. Das passiert schon auf den lokalen Klimamodellen und den zunehmenden Häufigkeiten von Analysten, abgeleitet, zunehmenden Spitzen von Hitzestress, die da reingekommen sind und die dann Ertragseinbußen auslösen. Es steht schon eine zackige Kurve dahinter und nicht einfach irgend so ein Trend.

WINDISCH, FREISING

Herzlichen Dank für diese schönen Analysen der Preisentwicklung, der Möglichkeiten, der Steuerungsmöglichkeiten, wie man Preise für Getreide und Maisproduktion gestaltet. Was man denn tun kann für die Zukunft. Gerade das Getreide ist natürlich für den zweiten großen Bereich der Bioökonomie in diesem Agrarsektor wichtig für die Tierproduktion, die schätzungsweise 80 % des ganzen Biomassestroms konsumiert, die direkt das Futtermittel oder rückwärts als Nebenprodukt in Lebensmittelverarbeitung reinkommt. Da ist der Getreidepreis ganz fundamentaler Treiber für die Entwicklung, was sie selber gesagt haben, was sie für gut befunden haben, dass also Geflügelfleisch immer mehr in den Vordergrund tritt. Da muss man als Tierernährer sagen, das hängt von der Verfügbarkeit von Getreide ab, von den Preisen. Wenn jetzt nun wirklich der Getreidepreis steigen wird, dann könnte es ja durchaus sein, dass sich hier in dieser tierischen Erzeugung fundamentale Verschiebungen ergeben. Das es doch in Richtung Wiederkäuer mehr gehen muss, wenn der Getreidepreis höher wird. Das sind also Nutzungskonflikte, die entstehen könnten, die wir in der ganzen Diskussion so noch gar nicht betrachtet haben. Es ist immer

nur die Pflanzenproduktion, bis jetzt auch gut so, aber diese Szenarien der Veränderung der Getreidepreise, die hätten fundamentale Durchschlagungseffekte auf den Bereich der Tierproduktion mit Verschiebung der Spezies, von denen wir dann unsere Lebensmittel tierischer Herkunft hätten.

ANTWORT

Wir brauchen viel mehr Risikoanalyse und nicht so dieser Trend und jener Trend, viel mehr Risikoanalyse. Das Weltagrarsystem ist diese Agrargleichung unter viel höherem Risiko. Je angespannter die Situation ist, desto riskanter wird dann auch die Politikreaktion auf die Politik nervös machende Entwicklung. Ich kann mir durchaus vorstellen, dass die Knappheit der biobasierten Rohstoffe, wenn wir in eine stärker biobasierte Wirtschaft gehen, zu einem hochpolitischen Thema wird. Insbesondere wenn eine Reihe von großen Entwicklungsländern da reinspringen. In Afrika ist die Primärenergie aus Biomasse zwischen 60 % und 70 %. So energieabhängig von Biomasse sind die meisten afrikanischen Länder. Wenn dieser Biomassepreis fluktuiert, schlägt das durch, nicht nur auf die Ernährung, sondern auf die gesamte Wohlfahrt einer Volkswirtschaft. Wir brauchen das Auge auf die Risiken der Bioökonomie, genauso und rund um den Getreidepreis zentral, genauso, wie wir sie auf die Chancen fokussieren sollten und die Chancen eben durch technologische Fortschritte und weise Politik und nicht, Bioökonomie blind zu vollziehen.

HORN, KIEL

Man müsste die ganzen Folien kriegen können. Das können wir nachher mit Herrn Kalm nochmal diskutieren, um einfach auch dieses tolle Material, was alle Redner hier gebracht haben, auch einfach weiter zur Verfügung zu haben. Sie hatten sehr schön dargestellt, diese Ressourcenkonflikte. Herr Isermeyer hatte vorher etwas erzählt, wo er Wasserkonflikte, Wasserproblematik angesprochen hat. Was kann ich mit Dränagen tun, nicht nur entwässern, sondern auch bewässern. Wenn wir ein bisschen nachdenken, geht das nämlich auch. Ressourcenkonflikte, Wasser, das

wäre Boden. Boden ist natürlich die Ressource, die uns am schnellsten komplett verloren geht. Wie kann man also jetzt, wenn wir ihre Rechnungen für den Mai, wenn ich die ganzen Möglichkeiten in den Vordergrund mit reinziehe, dieses Minus, Minus, Minus, wenn ich das alles schön anpasse. Wie kann man das in Abhängigkeit von den tatsächlichen regional definierbaren Böden, auch globale definierbare Böden, wie kann man das differenzieren, um die Ressourcenkonflikte standortspezifischer oder lokalspezifischer dann zu definieren. Ich hatte letztens ein Gespräch mit Herrn Blum aus Wien. Von der EU wird momentan solch eine Karte der Facility und der Landnutzung und der Dekadationspotentiale für verschiedene Vegetationsformen hergestellt. Müsste man das nicht sehr viel mehr in den Vordergrund stellen, um auch gleichzeitig dann zu sagen, o.k., diese 300 km<sup>2</sup> pro Tag, die wir an Böden verlieren weltweit oder 100 Hektar in Deutschland pro Tag, um die dann wenigstens optimal gegenzuhalten, der Situation optimal gegenzusteuern, um Ertrag zu erhöhen. Wir brauchen mehr und ob wir sie aus den vorhandenen Fläche, dem vorhandenen Knowhow wirklich rauskriegen für die Zukunft. Ist das möglich? Ja, Nein? Wir haben da an der Stelle einen Ressourcenkonflikt. Diese Diskussion müssten wir sehr viel lokalspezifischer auch hinsichtlich Landnutzungsempfehlung führen. Gibt es da Ansätze, auch im Bioökonomierat dieses dort mal praktisch zu dokumentieren?

ANTWORT

Der Bioökonomierat hat in seiner Prioritätensetzung die Bodenthematik sehr weit oben und das schon seit vier Jahren. Da gibt es von der Bodenforschungcommunity ein ganz ordentliches Papier. Die ganze Dynamik, die rund um die nachhaltige Bodennutzung sich in den letzten fünf Jahren entwickelt hat, ist ein Ergebnis der veränderten Agrarpreisstruktur. Der Boden ist einfach sehr viel teurer und wertvoller geworden und das zu einem Zeitpunkt, wo die Finanzanlagen sehr viel riskanter geworden sind. Das ist ein komplexes Thema, warum wir diese dramatischen Bodenpreisentwicklungen und Pacht-

preisentwicklungen auf der Welt haben. Rund um das Thema Boden ergeben sich enorm viel Politikanalyse und politischer Handlungsbedarf, um eben das Nachhaltigkeitsproblem des Bodens, das sie angesprochen haben Herr Horn, in den Griff zu bekommen. Ich beobachte mit Interesse, wir haben ein Forschungsprogramm in meinem Institut mit Russland, China und sechs anderen Ländern zur Quantifizierung der ökonomischen Verluste, die durch Degradation entstehen, durch Boden- und Landdegradation entstehen. Da gibt es auf einmal großes Interesse, wenn wir nicht nur Hektarzahlen oder Tonnen vom Abtrag nennen können, sondern sagen können, 5 % oder 10 % des Sozialproduktes geht da weg. Da hört auf einmal eine ganz andere Gruppe von Politikern zu. Diese Arbeiten halte ich für Erfolg versprechend, die wir natürlich mit Bodenkundlern zusammen machen können. Meine ökologischen Kollegen verstehen davon nicht genug. Ich beobachte zweitens einen sehr positiven Trend, dass überall auf der Welt auf einmal Bodenkartierungsprogramme der guten Art stattfinden, nicht nur in Europa, sondern eine Reihe von Ländern, die sich mit Agrarpotential aufstellen wollen, erstellen wunderbare produktivitäts- und risikoorientierte Bodenkartierungsprogramme. Und ich beobachte drittens, dass die ganzen institutionellen Regelungen über Landeigentum und Landpacht in Bewegung gekommen sind, insbesondere in China. In China sind inzwischen in vielen Regionen über 20 % der Flächen verpachtet. Etwas, was bis vor ganz kurzem noch verboten war, der letzte Parteitag hat es erlaubt, aber ich war da schon. Unter der Oberfläche hat sich ein Bodenmarkt entwickelt. Und ich beobachte mit Sorge, dass wir einen globalen Bodenmarkt bekommen haben mit Investoren, die nicht nachhaltig investieren, sondern spekulativ nichts produzieren, sondern ihr Kapital parken, um es zu halten und wieder zu verkaufen und damit zum Teil belastend und politisch korrumpierend in dem Bodenmarkt tätig sind. Also ein schillerndes, bioökonomisches Thema im Zentrum der Bioökonomie ist die nachhaltige Bodennutzung.

#### HARTUNG

Eigentlich habe ich einen kurzen und knappen, dankbaren Kommentar. Ich glaube, ihr Vortrag hat noch einmal gezeigt, wir haben ja eine sehr befruchtende Diskussion gehabt, Pflanze, Technik, Tier und Boden, was auch immer, was ist wichtiger, dass man sieht, dass die technologische Innovation ein sehr großes Potential hat, weil viele ja glauben, dass dieses Potential von Firmen zur Verfügung gestellt wird und weniger vielleicht im Sinne, dass man dafür tatsächlich Forschung braucht. Von daher kann ich als Landtechniker jetzt auch ganz beruhigt nach Hause fahren. Die Frage geht in die Richtung: Sie haben die Label angesprochen und ich persönlich habe ja eher den Eindruck, dass ein Verbraucher mit Labeln zugeschüttet wird, die für viel Geld auf den Weg gebracht werden und dann im Sande verschwinden. Sehen sie das ähnlich?

#### ANTWORT

Nein, sehe ich nicht so. Ich glaube, es gibt in der globalen Mittelschicht, die haben wir ja inzwischen auf der Welt, einen wirklichen Bedarf an Informationen. Den anständig verpacken und angesichts des Zugangs zu Apps und Internetinformationen anzureichern, die nicht alle auf der Packung stehen, die kann man dann anklicken. Ich glaube, es gibt durchaus Bedarf. Was wir brauchen sind aber aggregierte Label. So ein CO<sub>2</sub>-Label, da halte ich überhaupt nichts davon, wenn es nicht auch Wasser und Bodenfußabdruck in direkte Landnutzung mit einbezieht. Das können dann Zahlen oder Smileys, die lachen oder nicht lachen oder es kann ein Ampelsystem sein. Da muss man aggregieren, um den Verbraucher eben nicht zu verwirren. Das muss getestet werden, ob es funktioniert.

Ich war vor zwei Wochen im Indian Institute of Management, in Indiens schönstem Management-Forschungsinstitut, die auch viel über Technik machen. Es ist wahnsinnig spannend, was zurzeit im Rest der Welt an neuer Landtechnik sich entwickelt, und zwar von unten. Die umgebauten Motorräder zu Landmaschinen. Keins davon ist durch irgendeine

DIN-Prüfung gegangen. 10.000e davon sind schon auf indischen Feldern, von Handwerkern und Kleinstfirmen gemacht. Da hat die Landmaschinenindustrie was verstanden. Zweitens: Die Landkonsolidierung in China führt dazu, dass der auf dem Papier stehende 0,3-Hektar-Betrieb im Durchschnitt überhaupt nicht mehr so existiert, sondern, die haben konsolidiert in unseren Stichprobenerhebungen. Es gibt ja schon viele, die haben 10, 20, 50 Hektar. Ein Landmaschinenunternehmer, so wie wir sie kennen, geht von

Nord nach Süd dreschen und macht Bodenbearbeitung. Der Hunger nach Arbeit sparender Technik ist da, denn über 500 Mio. Kleinbauern gibt es auf der Welt, es ist enorm, die wollen so nicht weiterleben. Weder die Frauen, noch die Männer und schon gar nicht die Kinder. Bioökonomie wird dann erfolgreich in der größten Zahl der landwirtschaftlichen Unternehmen sein, wenn sie auch wirklich innovative Landtechnik, arbeitssparende Landtechnik anbieten kann, die bezahlbar ist und die lokal nützlich ist.

## Zusammenfassung



Im ersten Themenblock wurde schwerpunktmäßig das Thema „Die Bioökonomie – Wirtschaftssektor der Zukunft“ behandelt.

Einleitend hat Herr Kollege Bahrs an die drei Referenten dieser ersten Sektion die Frage gerichtet: Ist die Bioökonomie eine Allzweckwaffe zur Problemlösung?

Die Antwort von Herrn Dr. Patermann lautete: Sie ist nicht die Allzweckwaffe, aber sie ist ein Weg. Diese Beurteilungswiese wurde auch bei den beiden folgenden Referenten deutlich. Dr. Patermann hat mit seinen Ausführungen die Sichtweise und die Komponenten der Bioökonomie sehr deutlich als ein mittlerweile in vielen Ländern der Welt erkanntes und etabliertes Wissenschaftsgebiet dargestellt, in dem die Produktion, Bearbeitung, Nutzung von Biomasse als primärer Ressource interdisziplinär und systemorientiert bearbeitet wird. Global wird dies als wirtschaftliches Problem zwischen Angebot und Nachfrage gesehen, in dem die sog. „middle classes“ eine wachsende Bedeutung erlangen. Lösungsansätze können nur über einen Massnahmenkatalog erfolgen, der unter der Kernforderung „Increase the yield – reduce the losses“ steht. Trotz der pro Zeiteinheit enormen Fortschritte ist weiter die Erkenntnis massgeblich „The silver bullit is not yet reached“.

In der Diskussion seines Beitrages waren Möglichkeiten der Wertschöpfung in ländlichen Räumen, Schutz und Erhalt der Biodiversität, Fragen der Öko-

nomie und die Bedeutung einer neuen Industriepolitik im Mittelpunkt.

Herr Dr. van Liempt hat im zweiten Beitrag die nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 in den Mittelpunkt gestellt. Er hat dabei die Beiträge zu Lösungsansätzen im Sinne der Schaffung einer nachhaltigen und bio-basierten Wirtschaft bis 2030 als Basis für die Umsetzung der Politikstrategie in den Mittelpunkt gestellt. Dieser Forderung werden mittlerweile vier bereits eingerichtete und eine bevorstehende Forschungsinitiative gerecht, die Netzwerkforschungsansätze in den Bereichen Bodenforschung, Pflanzenzüchtung und -biotechnologie sowie Agrar- und Ernährungsforschung beinhalten. In Planung sind Fachgespräche zu Agrarsystemen der Zukunft.

In der Diskussion seines Beitrages waren die Bedeutung von neuartigen Studiengängen, die Rolle der universitären Forschung und hierbei insbesondere im Bereich der Tierwissenschaften Probleme der gesellschaftlichen Akzeptanz, die Grenzen der Bodeneigenschaften im Zusammenhang mit den prognostizierten Klimaänderungen und die Sicherung von Zugangsrechten zu genetischen Ressourcen die zentralen Themen.

Herr Dr. Schneider hat dann im dritten Beitrag schwerpunktmäßig die effiziente Biomasseerzeugung und -nutzung als Grundlage der bioökonomischen Wertschöpfung dargestellt. Dabei kann die Versorgung mit Nahrungsmitteln zwar als verbessert do-

kumentiert werden, sie ist aber im Hinblick auf die Entwicklung der Bevölkerungswachstumsraten als kritisch zu betrachten. Auch hier sind Klimawandel und Bodendegradation für den Umfang landwirtschaftlicher Erträge von Bedeutung. Sog. Agroforstsysteme sind als Beispiele für alternative Nutzungskonzepte herausgestellt worden.

Die Diskussion fokussierte auf die Anforderungen an das Management hochkomplexer Systeme und den Transfer in die Industrie durch Ausbildung, die Sicherheit in der Prognose von Ertragssteigerungen, die Bedeutung des Klimawandels für die Produktivität und schließlich die Priorisierung der Biomassenutzung in der Reihenfolge Food, Fibre, Fuel.

Thema des zweiten Vortragsblockes war die **Innovative Erzeugung agrarischer Biomasse**, der die Bereiche **Bodennutzung, Pflanzenzüchtung, Pflanzenproduktion sowie Nutztierzucht und -haltung** umfasste.

Im ersten Vortrag hat **Frau Prof. Kögel-Knabner** die Prinzipien des Kohlenstoffmanagements am Beispiel einer bayerischen Studie im Detail erläutert. Die Komplexität der Betrachtung der organischen Substanz, die Abschätzung des C-Speichervermögens sowie die Ansätze zur Steigerung der C-Speicher sind dabei kritisch erläutert worden.

In der Diskussion standen Fragen zur Mikrobiologie, zur Problematik der stofflichen Rückführung, zur Bedeutung der Humustransformationsfaktoren, zur Übertragbarkeit der Daten dieser Studie auf andere Standorte sowie zur Bedeutung der konservierenden Bodenbearbeitung im Mittelpunkt. Ob auch der Einsatz von Probiotika ein viel versprechender Ansatz zur Verbesserung der Bodenqualität darstellt, ist wohl eher zurückhaltend zu beurteilen.

Im zweiten Vortrag hat uns **Prof. Altmann** basierend auf den Herausforderungen an die Pflanzenzüchtung einen umfassenden Überblick zu den gegenwärtig verfügbaren methodischen Ansätzen zur Innovation gegeben. Die Doppelhaploidentechnologie, Verzögerungen in der Blüte, gezielte genetische Modifikationen z.B. durch künstliche Pflanzenchromosomen

oder die Veränderungen von Nährstofftransportsystemen sowie die vermehrte Nutzung von Heterosis Effekten sind Beispiele für derartige Technologien.

In der Diskussion standen die Maßnahmen zur Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz dieser genetischen Verfahren, die Ursachen der Plateaubildung in den Erträgen, Verfahren zur Qualitätskontrolle und Erfahrungen zur Heterosiseignung im Mittelpunkt.

**Herr Prof. Sauerborn** hat uns im dritten Beitrag dieser Sektion am Beispiel des Reis in den Stand des sog. Skyfarming eingeführt, einem zukunftsorientierten Verfahren unter Nutzung von Hochtechnologie zur weitgehend umwelt- und klimaunabhängigen Pflanzenproduktion. Dieses Verfahren kann der steten Reduktion der verfügbaren Anbaufläche pro Kopf Weltbevölkerung insbesondere auch unter dem Aspekt der zunehmenden Urbanisierung Rechnung tragen.

Die Diskussion konzentrierte sich auf Ökobilanzparameter und das Innovationspotential dieses Verfahrens, Wirtschaftlichkeitsmodelle, die Definition des Energiebedarfs sowie das Beschäftigungspotential

Im vierten Vortrag hat **Herr Prof. Schwerin** die künftigen Herausforderungen an eine nachhaltige Nutztierzucht und -haltung dargestellt und dies im Kontext der Rolle von Nutztieren in Industriegesellschaften, den Hauttreibern in der Nutztierhaltung und den unterschiedlichen quantitativen Merkmalen der Ressourceneffizienz entlang der Wertschöpfungskette erläutert.

Die Diskussion fokussierte auf die Akzeptanzproblematik und die zunehmende Ideologisierung in der Gesellschaft, den möglichen Konsequenzen aus der Einführung des Verbandsklagerechts, die Rationalisierung des Konsumverhaltens sowie die Bedeutung der Diversität bei landwirtschaftlichen Nutztieren.

Der dritte Vortragsblock befasste sich mit **innovativen Konzepten zur Konversion und Nutzung agrarischer Biomasse** und wurde durch den Vortrag von Prof. Pröll eingeleitet, der am Beispiel der Pyrolyse thermische Umwandlungsverfahren von Stroh und am Bei-

spiel einer Biogasanlage für tierische Nebenprodukte ein biologisches Nutzungskonzept erläutert hat.

In der Diskussion wurden Grenzen der Expansion solcher biologischen Nutzungskonzepte unter dem Aspekt der begrenzten Verfügbarkeit von Schlachtabfällen, der Nutzung der Knochen, der verschiedenen großtechnischen Strohaufschlussverfahren für Biogasanlagen und der Verwendung der Gärreste insbesondere unter dem Blickwinkel der N-Düngung behandelt.

Im Vortrag von **Prof. Kneifel** sind am Beispiel des kürzlich eingerichteten Christian Doppler Labors die Möglichkeiten der Kleie – Bioraffinerie als eine Methode zur Bereitstellung von chemischen Grundstoffen dargestellt worden und zwar im Spannungsfeld zwischen der Fülle von Stoffklassen und der zur Trennung gegebenen methodischen Herausforderungen.

Die Diskussion konzentrierte sich auf die Vermarktbarkeit und das Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten insbesondere im humanen Bereich unter besonderer Berücksichtigung potentiell gesundheitsfördernder Faktoren, die Anwendbarkeit an anderen Pflanzenarten ebenso wie auch auf Sicherheitsaspekte wie z. B. Mycotoxine.

Dieser Vortragsblock wurde durch den Vortrag von **Prof. Brunsch** abgeschlossen, der uns die Bio-kohle als Ende der Bioraffineriekaskade oder als Teil eines Wertschöpfungszyklus erläutert hat. Dabei ist die Kohlenstoffsequestrierung ein schon ein sehr altes Verfahren. Die besondere Bedeutung dieses Ansatzes mag in Zukunft auch dadurch an Bedeutung gewinnen, da die langfristige Dynamik in der Richtung der Kohlenstoffflüsse sich vor allem in Richtung Kohlenstoffaustrag verschoben hat.

Die Diskussion konzentrierte sich vor allem auf die Einbringungstechnik und den Boden, die Bewertung im Tierbereich, die Persistenz des Materials sowie die Bedeutung der Einbringtechnik in den Boden.

Der abschließende Vortragsblock hat die **internationale Dimension der Bioökonomie** aufgegriffen. Dieser

Block wurde durch die Ausführungen von **Prof. Glau-ben** eingeleitet, in denen er den Status und das Entwicklungspotenzial des Getreidemarktes in Russland, der Ukraine und Kasachstan dargestellt hat. Als wesentliche Blockademeechanismen sind die politische Dimension des Handels, die Produktivitätslücken und Probleme der Vermarktungsinfrastruktur dargestellt worden, die insgesamt – und dies war auch wesentlicher Punkt der Diskussion - gegenwärtig keinen Anlass zu übertriebenem Optimismus liefern.

**Prof. Isermeyer** hat dann die Nutzung von Biomasse aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Sicht dargestellt und schwerpunktmäßig die Optionen, mit der der weltweit zunehmenden Biomasse-Knappheit begegnet werden kann, erläutert. Für Deutschland hat er die dringende Notwendigkeit einer am internationalen Standard orientierten Strategie angemahnt.

Die Diskussion behandelte vor allem die Diversität der verschiedenen Handlungsstränge im Tier- und Pflanzenbereich als relevante Strategie für das post-fossile Zeitalter.

Im letzten Vortrag dieser Sektion hat **Prof. v. Braun** die globale Dimension der Bioökonomie im Hinblick auf eine grundlegende Umgestaltung des gegenwärtigen Wirtschaftssystems unter Berücksichtigung sozialer, technologischer und wirtschaftlicher Aspekte erläutert. Die vom Bioökonomierat im Mai 2014 empfohlenen strategischen Schwerpunkte bieten den Rahmen für künftige wirtschaftliche Entwicklungen und sind für die an diesem Prozess beteiligten Gruppen Chance und Herausforderung.

In der Diskussion wurden die Elemente der Bioökonomie insbesondere im Hinblick auf Nutzung von Rohstoffen in den Bereichen Ernährungssicherung, Energiebereitstellung und Klimarelevanz vertieft.

## Schlussworte



Meine sehr verehrten Damen und Herren,

die 25. Hülsenberger Gespräche standen unter einem hochaktuellen Thema und im Namen des Vorstandes und des Kuratoriums bedanke ich mich ganz herzlich bei allen Referenten, die in vorbildlicher Weise den Intensionen der Veranstalter gefolgt sind und die Themen nicht nur aus der Sicht der neuesten Erkenntnisse dargestellt, sondern auch für die Kollegen der Nachbardisziplinen verständlich erläutert haben. Die nationale und internationale Bedeutung der Bioökonomie dürfte allen Beteiligten deutlich geworden sein. Alle Beiträge werden wieder als Broschüre veröffentlicht werden, und ich bitte die Referenten, ihre Manuskripte baldmöglichst nachzureichen, so fern sie noch nicht vorliegen.

Die lebhaften Diskussionen wurden von den Diskussionsleitern im zeitlichen Ablauf der Tagung gut geführt, so dass der Ablauf der Gespräche wie vorgegeben in dem gesetzten Zeitrahmen ablaufen konnte. Ich danke den Diskutanten, die durch ihre Wortmeldungen aktiv die Gespräche zu dem werden ließen, wie es den Zielvorgaben entspricht.

Wie bei den vorhergehenden Hülsenberger Gesprächen, so beehrten uns die Eigentümer der Schaumann Gruppe, die Brüder Charles Antoine Seiller und Olliver Seiller, die mit großem Interesse den Vorträgen und Diskussionen gefolgt sind. Ich danke den Gesellschaftern und Inhabern der Schaumann Grup-

pe für die großzügige Förderung der Stiftung, die sich nicht nur in den finanziellen Zuwendungen, sondern auch in Ihrem aktiven Interesse an den Hülsenberger Gesprächen widerspiegelt. Mein Dank gilt ebenso den anwesenden Vorstandsmitgliedern Herrn Buchleitner, Herrn Arnemann, Dr. Mathies und Dr. Pricker.

Mein Dank gilt den Mitarbeitern der Fa. Schaumann, ohne deren Hilfe die Tagung nicht durchgeführt werden könnte. Hierfür danke ich vor allem Herrn Rüdiger Schramm, Frau Mull, aber besonders den Damen im Tagungsbüro Frau Peters und Frau Ramming, ferner Herrn Dr. Fritz für die technische Assistenz bei der Präsentation und der Aufzeichnung der Vorträge und Diskussionsbeiträge.

Angesichts knapper Ressourcen und einer wachsenden Weltbevölkerung benötigt die Menschheit neue, nachhaltige Arten des Wirtschaftens. Einen solchen Ansatz bietet eine wissensbasierte Bioökonomie, also eine moderne, nachhaltige und bio-basierte Wirtschaft, deren vielfältiges Angebot die Welt ausreichend und gesund ernährt und mit hochwertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen versorgt. Anlässlich der 25. Hülsenberger Gespräche wurde aus diesem Grund der Schwerpunkt auf die Bioökonomie gesetzt und ich persönlich konnte aus den Vorträgen sehr viel Forschungsbedarf erkennen. Die Wissenschaftler und betroffene Wirtschaft sind gefordert diesen Bereich schwerpunktmäßig zu bearbeiten, damit nutzbare Ergebnisse und Techniken umgesetzt

werden können. Es sind schon spannende Zeiten und den Nachwuchswissenschaftlern stehen neue und interessante Wissensgebiete offen.

Die diesjährigen Hülsenberger werden wieder in einer Broschüre in der gewohnten Form mit den Diskussionsbeiträgen gedruckt und die dazugehörige CD steht auch dann zur Verfügung. Das Heft wird voraussichtlich im September an alle Teilnehmer versandt, Hefte von früheren Tagungen können angefordert werden.

Die nächsten Hülsenberger Gespräche werden 2016 stattfinden, wobei ich um Verständnis bitte, dass sich die Einladungen wieder an Persönlichkeiten richten werden, die dem Generalthema fachlich verbunden sind.

Ich wünsche Ihnen eine gute und sichere Heimfahrt, freue mich auf ein Wiedersehen und schließe die 25. Hülsenberger Gespräche.

# Teilnehmer

## an den 25. HÜLSENBERGER GESPRÄCHEN 2014

ALTMANN, Prof. Dr. Thomas	Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Gatersleben
ARNEMANN, Reinhold	Union Agricole Holding AG, Pinneberg
BAHRS, Prof. Dr. Enno	Universität Hohenheim, Stuttgart
BANEMANN, Dr. Dirk	Schaumann BioEnergy GmbH, Pinneberg
BENNEWITZ, Prof. Dr. Jörn	Universität Hohenheim, Stuttgart
BERG, Prof. Dr. Ernst	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn
BOLL, Dipl.-Ing. Thiemen	Leibniz Universität Hannover, Hannover
BREVES, Prof. Dr. Gerhard	Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover
BRUNSCH, Prof. Dr. Reiner	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Potsdam
BUCHLEITNER, Rudolf	Union Agricole Holding AG, Pinneberg
BULLA, Dr. Hans-Joachim	H. Wilhelm Schaumann GmbH, Pinneberg
DIECKHOFF, Dr. Patrick	Geschäftsstelle Bioökonomierat, Berlin
ENGLISCH, Prof. Dr. Uwe	Fachhochschule Lübeck, Lübeck
FRAUEN, Dr. Martin	Norddeutsche Pflanzenzucht Hans-Georg Lembke KG (NPZ), Holtsee
FRITZ, Dr.-Ing. Thomas	ISF GmbH, Pinneberg
GÄBEL, Prof. Dr. Gotthold	Universität Leipzig, Leipzig

GLAUBEN, Prof. Dr. Thomas	Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO), Halle/Saale
GRUBER, Doz. Dr., Leonhard	Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irndning, Österreich
HARTUNG, Prof. Dr. Eberhard	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
HÖHER, Dr. Gerd	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hannover
HÖLKER, Dr. Udo	Schaumann BioEnergy GmbH, Pinneberg
HORN, Prof. Dr. Rainer	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
HUMMEL, Prof. Dr. Jürgen	Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen
ISERMEYER, Prof. Dr. Folkhard	Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Braunschweig
JANDRISOVITS, Dipl.- Ing. agr. Gerald	H. Wilhelm Schaumann GmbH, Pinneberg
JANSSEN, Dr. Martina	Senzyme GmbH, Troisdorf
JAROSZEWSKA, Justyna	Südzucker AG, Ochsenfurt
KAGE, Prof. Dr. Henning	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
KALM, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Ernst	H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Pinneberg
KANTELHARDT, Prof. Dr. Jochen	Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich
KEMPER, Prof. Dr. Nicole	Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover
KNEIFEL, Prof. Dr. Wolfgang	Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich
KÖGEL-KNABNER, Prof. Dr. Ingrid	Technische Universität München (TUM), Freising-Weihenstephan
KORNBLUM, Dr. Erhard	UNA-HAKRA Hanseatische Kraffuttergesellschaft mbH, Hamburg
KRALER, Dipl.-Ing. Manuel	Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich

KRAMER, Dr. Walter	Lactosan GmbH & Co. KG, Kapfenberg, Österreich
KRIETER, Prof. Dr. Joachim	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
KRUSE, Dr. Sabine	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Bonn
LATACZ-LOHMANN, Prof. Dr. Uwe	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
LENZ, Dr. Jürgen	Senzyme GmbH, Troisdorf
LEWANDOWSKI, Prof. Dr. Iris	Universität Hohenheim, Stuttgart
LINDORFER, Dr. Harald	Schaumann BioEnergy GmbH, Pinneberg
LOEWEN, Prof. Dr.-Ing. Achim	Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Göttingen
LOY, Prof. Dr. Jens-Peter	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
MAIER STAUD, Bernd	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, Kiel
MATHIES, Dr. Edmund	Union Agricole Holding AG, Pinneberg
MULL, Jutta	EWM GmbH, Pinneberg
MUMME, Dr. rer. agr. Jan	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Potsdam
PATERMANN, Dr. Dr. h.c. Christian	Bonn
PINTER, Andrés	Huelsenberg Holding GmbH & Co. KG, Pinneberg
PREHN, Dr. Sören	Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO), Halle/Saale
PRICKER, Dr. Hermann	Union Agricole Holding AG, Pinneberg
PRÖLL, Prof. Dr. Tobias	Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich
RADEWAHN, Peter	Deutscher Verband Tiernahrung e.V. (DVT), Bonn
RAFFASEDER, Dr. Christian	H. Wilhelm Schaumann GmbH & Co. KG, Brunn am Gebirge, Österreich

RAMHOLD, Dietmar	ISF GmbH, Wahlstedt
RICHTER, Constanze	Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf
RIMBACH, Dr. Martin	ISF GmbH, Pinneberg
RODEHUTSCORD, Prof. Dr. Markus	Universität Hohenheim, Stuttgart
SAUERBORN, Prof. Dr. Joachim	Universität Hohenheim, Stuttgart
SCHENKEL, Prof. Dr. Hans	Universität Hohenheim, Stuttgart
SCHEPER, Dr. Uwe	Kiel
SCHMID, Prof. DI Dr. Erwin	Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich
SCHNEIDER, Dr. Bernd U.	Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam
SCHRAMM, RA Rüdiger	H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Pinneberg
SCHWARZ, Prof. Dr. Frieder	Au i. d. Hallertau
SCHWERIN, Prof. Dr. Manfred	Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf
SEILLER, M. B. A. Dipl. Kfm. Charles A.	H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Hamburg
SEILLER, M. B. A. Dipl. Kfm. Olivier M.	H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Hamburg
SLUSARCZYCK, Dr. Heike	Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich
SMIDT, Prof. Dr. Dr. h.c. Dietrich	Garbsen
SPIEKERS, Prof. Dr. Hubert	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Poing-Grub
SUSENBETH, Prof. Dr. Andreas	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
Thaller, Prof. Dr. Georg	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
TONDL, Dipl.-Ing. Dr. Gregor	Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich
VAN LIEMPT, Dr. Henk	Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin
VON BRAUN, Prof. Dr. Joachim	Rheinische-Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn, Bonn

VON BÜLOW, Dr. Detlev	bm Management Partner GmbH, Westensee
WEISTHOFF, Dr. Wilhelm	H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Pinneberg
WIEDEMANN, Prof. Dr. Steffi	Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel
WINDISCH, Prof. Dr. Wilhelm M. WINKELMANN, Dr. Jörg	Technische Universität München, Freising Schaumann BioEnergy GmbH, Pinneberg
WÖLGER, DI Reinhold	H. Wilhelm Schaumann GmbH & Co. KG, Brunn am Gebirge, Österreich
WOLFFRAM, Prof. Dr. Siegfried	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
ZEYNER, Prof. Dr. Annette	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle / Saale

# Referenten

## an den 25. HÜLSENBERGER GESPRÄCHEN 2014

**Prof. Dr. Thomas Altmann**  
Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und  
Kulturpflanzenforschung (IPK)  
OT Gatersleben  
Corrensstraße 3  
06466 Stadt Seeland  
Phon: 039482 5214  
altmann@ipk-gatersleben.de

**Prof. Dr. Gerhard Breves**  
Physiologisches Institut der Stiftung  
Tierärztliche Hochschule Hannover  
Bischofsholer Damm 15, Geb. 102  
30173 Hannover  
Phon: 0511 856 7271  
gerhard.breves@tiho-hannover.de

**Prof. Dr. Reiner Brunsch**  
Leibniz-Institut für Agrartechnik  
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)  
Max-Eyth-Allee 100  
14469 Potsdam  
Phon: 0331 5699100  
r.brunsch@atb-potsdam.de

**Prof. Dr. Thomas Glauben**  
Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in  
Transformationsökonomien (IAMO)  
Theodor-Lieser-Straße 2  
06120 Halle / Saale  
Phon: 0345 2928200  
glauben@iamo.de

**Prof. Dr. Folkhard Isermeyer**  
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Phon: 0531 596 1001  
folkhard.isermeyer@ti.bund.de

**Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Ernst Kalm**  
H. Wilhelm Schaumann Stiftung  
Kollastraße 105  
22453 Hamburg  
Phon: 04101 218 4081 / 0172 172 0782  
ekalm@tierzucht.uni-kiel.de

**Prof. Dr. Wolfgang Kneifel**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Muthgasse 18  
A-1190 Wien  
Phon: +43 1 47654 6290  
wolfgang.kneifel@boku.ac.at

**Prof. Dr. Inge Kögel-Knabner**  
Technische Universität München (TUM)  
Emil-Ramann-Straße 2  
85354 Freising-Weihenstephan  
Phon: 08161 713677  
koegel@wzw.tum.de

**Drs. Dr. h.c. Christian Patermann**  
Heidebergenstraße 53  
53229 Bonn  
Phon: 0228 9483983  
patermann.chris@web.de

**Dr. Hermann Pricker**  
Union Agricole Holding AG  
An der Mühlenau 4  
25421 Pinneberg  
Phon: 04101 2181503  
hermann.pricker@union-agricole.de

**Prof. Dr. Tobias Pröll**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Muthgasse 107/1  
A-1190 Wien  
Phon: +43 1 47654 3531  
tobias.proell@boku.ac.at

**Prof. Dr. Joachim Sauerborn**  
Universität Hohenheim  
Garbenstraße 3  
70599 Stuttgart  
Phon: 0711 45922385  
joachim.sauerborn@uni-hohenheim.de

**Dr. Bernd Schneider**  
Helmholtz-Zentrum Potsdam  
Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)  
Telegrafenberg G 309  
14473 Potsdam  
Phon 0331 2881010  
bernd.schneider@gfz-potsdam.de

**Prof. Dr. Manfred Schwerin**  
Leibniz-Institut für Nutztierbiologie  
Wilhelm-Stahl-Allee 2  
18196 Dummerstorf  
Phon: 038209 68600  
schwerin@fhn-dummerstorf.de

**Prof. Dr. Dr. Diedrich Smidt**  
OT Frielingen  
Pfennigsmoorweg 11  
30826 Garbsen  
Phon: 05131 455296  
diedrich.smidt@t-online.de

**Dr. Henk van Liempt**  
Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Referat Bioökonomie (RL)  
11055 Berlin  
Phon: 030 18575415  
henkvan.liempt@bmbf.bund.de

**Prof. Dr. Joachim von Braun**  
Rheinische-Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn  
Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF)  
Walter-Flex-Straße 3  
53113 Bonn  
Phon: 0228 731800  
jvonbraun@uni-bonn.de

**Dr. Wilhelm Weisthoff**  
H. Wilhelm Schaumann Stiftung  
Kollaustraße 105  
22453 Hamburg  
Phon: 04101 218 2002  
wilhelm.weisthoff@schaumann.de

# Hülseberger Gespräche von 1965 bis 2014

- 1965 Themen aus der Fütterungsforschung
- 1967 Aktuelle Themen aus der Forschung
- 1969 Probleme bei Hochleistungskühen
- 1971 Aktuelle Aspekte der Schweineproduktion
- 1973 Ausgewählte Themen der Schweineproduktion
- 1976 Fruchtbarkeit beim Rind
- 1978 Probleme der Ferkelproduktion
- 1980 Probleme der Rindfleischproduktion
- 1982 Milch und Milcherzeugung
- 1984 Wirtschaftseigenes Futter
- 1986 Tierhaltung – Tiergesundheit – Umwelt
- 1988 Schweinefleischproduktion
- 1990 Tierische Erzeugung und Lebensmittelproduktion
- 1992 Biologisch-technische Entwicklungen in der Tierproduktion

- 1994 Forderungen der Tiergesundheit in der EU
- 1996 Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft in einer umweltverträglichen Landwirtschaft
- 1998 Lebensmittel für eine gesunde Ernährung
- 2000 Biotechnologie in den Nutztierwissenschaften
- 2002 Perspektiven für die Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft in Europa
- 2004 Mikrobiologie und Tierernährung
- 2006 Fortschritte in Tierzucht und Tierhaltung
- 2008 Perspektiven der landwirtschaftlichen Energieerzeugung
- 2010 Wiederkäuerernährung – wesentliche Grundlage für Tiergesundheit, Ressourcenschonung sowie Umwelt- und Klimaschutz
- 2012 Zusatzstoffe in der Ernährung
- 2014 Innovative Erzeugung, Konversion und Nutzung agrarischer Biomasse – Zukunftsfeld der Bioökonomie

